ISTORIJA METEOROLOGIJE

Autor
Dr Mlađen Ćurić

Recenzenti
Dr Dejan Janc
Dr Lazar Lazić

Štampanje odobrilo
Naučno – nastavno veće
Fizičkog fakulteta u Beogradu

Tehnički urednik
Dragomir Bulatović

Štampa
BIG štampa, Beograd

Tiraž
300 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије , Београд

551.5(091)

ЋУРИЋ, Млађен
Istorija meteorologije / Mlađen Ćurić .
- Beograd : M . Ćurić , 2006 (Beograd : Big štampa). - 563 str . : ilustr . ; 24 cm

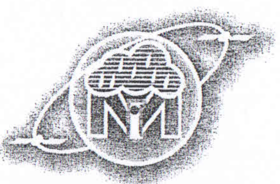
Tiraž 300 . - Bibliografija : str . 518 - 531 .
- Registri .

ISBN 86 - 903455 - 1 - 5

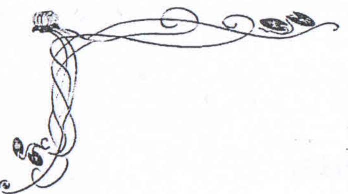
a) Метеорологија - Историја
COBISS . SR - ID 127760652

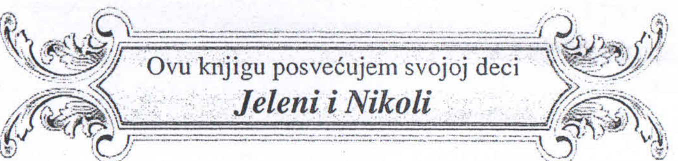
Dr Mlađen Ćurić

ISTORIJA METEOROLOGIJE



Beograd, 2006




Ovu knjigu posvećujem svojoj deci
Jeleni i Nikoli



SADRŽAJ

PREDGOVOR

Za pisanje ove knjige imalo je mnoštvo motiva. Prvi motiv je onaj opšte prirode, i rezultat je pokušaja da se i u oblasti meteorologije pobegne od onoga što je Viktor Igo vrlo lepo i tačno kazao: „Zaboravlja se ono što treba znati, a zna se ono što treba zaboraviti". Drugi motiv je jači od prvog, i sadržan je u želji da se studenti meteorologije ne osećaju kao „Sirjak tužni bez igde ikoga, ... jedna slamka među vihorima". Naime, studenti meteorologije su jedini iz grupacije prirodnih nauka koji se u obrazovnom procesu ne upoznaju sa istorijom svoje struke, meteorologije. Prema ovome bi izgledalo da te istorije i nema, već da je meteorologija rezultat nekog trenutnog razmišljanja manje ili više umnih ljudi koji su slučajno okrenuti meteorološkim problemima. Srećom, to nije tako. Istorija meteorologije seže u dublju prošlost od mnogih drugih prirodnih nauka. I treći motiv nije manje podsticajno delovao na mene. Naime, uverio sam se da i kolege, inače dobri naučnici u oblasti meteorologije kod nas, uopšte ne razumeju motive mnogih pronalazaka u prošlosti. Poznaju se samo neki fragmenti, koji katkad daju čak i potpuno netačnu sliku. Sve ovo me nateralo da veliki deo svog radnog vremena posvetim ovom problemu. Uverenje da ono nije proćerdano, našao sam u misli koju je izrekao veliki naučnik Helmholc: „Mali su izgledi da neko ko nije počeo da usvaja nauku od početka ikada stigne do njenog kraja".

Otkako je čovek počeo da beleži svoja sećanja i misli, pripovedao je o strahovima od prirode: olujnog vremena, udara groma, ubitačnog prženja suše, itd. Ništa nije moglo tako masovno potresti sav živi svet kao ledena doba. Zbog toga je neophodna mudrost i moć shvatanja tih dešavanja, i nužno je izgrađivati životni stav prema njima. Jer, fenomeni vremena su i ljudski nektar i otrov. Kada su „nektar", tada se smatra da je to normalno, pa nikoga i ne interesuju, ali kada su „otrov", tada uvek šire i jače odjeknu.

I na samom početku pojave svesnoga u sebi, čovek je nesumnjivo imao osećanje straha od podneblja (vremena). Jer, ništa nije tako sjedinjeno sa životom kao podneblje. O tome govore papirusi Egipta, glinene ploče Vavilonaca, kipovi Misira, grafike drevne Kine, ali i otisci na fosilnim ostacima u Indiji. Naime, nedavno, u drevnim stenama planina u pokrajini Mađa Pradeš nađeni su mali krateri, prečnika od 3 do 5 milimetara. Smatra se da su nastali udarom kišnih kapi pre oko 1,6 milijardi godina. To otkriće pomaže razumevanju atmosferskih uslova na Zemlji u to doba. I još stariji podaci od navedenog obuhvaćeni su u ovoj knjizi. Jer, trebalo se upustiti i u tumačenje samog nastanaka sistema Zemlja – atmosfera.

Meteorologija na Beogradskom univerzitetu je dubokih, čvrstih i razgranatih korena, koje je zalivalo, okopavalo i negovalo šest generacija naučnika, od Vladimira Jakšića, do danas. Uprkos tome, o razvoju meteorologije kao nauke, postoji praznina. Samo je Borivoje Dobrilović pisao o razvoju meteorologije u Srbiji. Očigledno, ta praznina nije bez razloga. Lepše je baviti se do kraja radnog veka svojom užom naučnom oblasti nego se lomatati po neudobnim i uglavnom džomba-

stim putevima istorije. Ja se ipak nevoljno prihvatih toga posla, plašeći se od dve suprotne opasnosti: da ću početi kasno da se bavim ovim obimnim poslom, ili da sam „poranio" i rano odvojio značajno „parče vremena" od moje osnovne meteorološke ljubavi – fizike oblaka. No, u ovom dvoumljenju šta da uradim, pomogao mi je omiljeni stih iz jedne stare romanse „... Vesele godine, srećni dani, k'o prolećne vode prohujaše oni". Ovo mi je kazivalo da sve prohuji, i sve što se desilo bude posle nekog vremena kao da nije bilo. Da se to ne bi desilo i sa meteorologijom, učvrstio sam uverenje da je nužno napraviti istorijski prikaz ove vrste. Pri ovome sam svesno zanemario značaj Dekartove misli „Dobro je živeo onaj ko je neopažen živeo".

Da prikaz razvoja meteorologije ne bi ostao nepovezan sa opštim razvojem civilizacije i nauke u njoj, sadržajem su obuhvaćena tri glavna dela. Prvi deo (glave 1 i 2) odnosi se na opšti razvoj civilizacije, drugi deo (glava 3) obuhvata razvoj nauke kao celine, i treći deo (poglavlja od 4 – 18) se odnosi na detaljan prikaz razvoja meteorologije kao nauke. Ovim se želelo da čitalac stekne predstavu o širokom duhu naučnog jedinstva, i da se poruše pregrade između usko specijalističkih „odaja", puštajući da kroz njih prostruji snažni dah jednog opšteg duha života nauke.

U izlaganju se težilo da se prikažu ne samo krupni događaji, već i svi aspekti razvoja. Nisu se samo nabrajale prikupljene istorijske činjenice (jer pedantno pravljenje hronologije smeta) već se tumačilo, pravila se sinteza koja omogućuje da se saznanja o prošlim događajima mogu iskoristiti za izbegavanje grešaka u budućem razvoju. Želelo se da prikaz razvoja meteorologije bude što svestraniji, odnosno, da ne bude onakav kao što slepci prikazuju gromadnog slona koga pipaju u satiričnoj pesmi Jovana Jovanovića Zmaja.

Pisanju ove knjige prethodilo je dugotrajno sakupljanje najraznovrsnije literature i istorijskih dokumenata. Svakako da to nije bio lak posao. Autoru su u tome mnogi pomogli. Naročito veliku pomoć je učinio kolega dr Zlatko Vuković iz Toronta. Profesori Dejan Janc i Lazar Lazić su pažljivo pregledali rukopis i nizom sugestija ga poboljšali. Profesor Đuro Radinović me podsticao da se prihvatim ovog teškog i važnog posla za meteorologiju. Tehničar Slobodan Niković je prekucao jedan deo rukopisa, a viši tehnički saradnik Dragomir Bulatović, uz kucanje, izradio je veliki broj grafičkih priloga. Svaku autorovu zamisao je znalački i vrlo pedantno pretvorio u uspešno tehničko rešenje koje je doprinelo vizuelnom izgledu knjige, uključujući korice. Fotografiju Bosače na zadnjoj korici snimio je dr Vladan Vučković. Na ovoj prijatnoj i korisnoj saradnji autor svima duguje srdačnu zahvalnost.

Beograd, septembra 2005. *Mlađen Ćurić*

Glava

1 NAJRANIJA PROŠLOST ZEMLJE I ATMOSFERE

1.1. Uvod

Geološku istoriju Zemlje naučnici stalno upotpunjuju. Prema najnovijoj teoriji tektonskih ploča, geofizičari kopno naše planete posmatraju kao dinamično, pulzirajuće, „živo telo“ koje se u prošlosti menjalo. Pomerali su se kontinenti, iščezavali okeani, menjao se sastav atmosfere, dizali su se i spuštali planinski lanci... dešavale su se snažne klimatske promene. Kao posledica svega toga, na Zemlji se razvijao i izumirao živi svet.

U poslednjih nekoliko decenija, naučnici su ustanovili zbog čega su se dešavale navedene promene. Naime, na dubini od samo 5 do 70 km, ispod čvrstog tla na kome mi živimo, nalazi se sloj kašastih stena koji se sporo meša i kreće. Taj sloj se naziva astenosfera. Stalno mešanje koje se dešava u astenosferi, razlama tanki površinski sloj u stenovite delove različitih veličina koji se nazivaju tektonske ploče. Delovi tih ploča su naši kontinenti, sa čijim trenutnim oblicima smo sasvim upoznati. Ove ogromne ploče (koje se nazivaju litosferske) plivaju i pomeraju se na toj kašastoj masi koja lagano ključa. To pomeranje je, godišnje, samo nekoliko santimetara. Ovim pomeranjem ploče se sudaraju, spajaju i ponovo razdvajaju. Kao posledice toga,

pojavljuju se vulkani, zemljotresi i najeruptivnija (koja najviše remeti) pojava od svih — ledeno doba.

Snažne i nagle promene koje izazivaju zemljotresi i vulkani, izolovane su epizode, ograničenog dometa. Ledena doba dovode do globalnih posledica sa snažnim uticajem na ceo živi svet planete. U prošlosti su se stvarale ogromne ledene ploče koje su prekrivale jednu trećinu kopna. Kada su ledene ploče rasle i širile se prema Ekvatoru, potiskivao se i živi svet u uske oblasti. Shodno novim klimatskim uslovima, živi svet se premeštao, prilagođavao ili izumirao. Za poslednje 3,5 milijarde godina, klimatske promene su izazvale potpuno ili delimično uništenje biljnog i životinjskog sveta Zemlje.

Pre oko 65 miliona godina, ogromna masa kopna Sibira, Severne Amerike i Antarktika kretala se prema polovima. Kopno ima manji toplotni kapacitet (može da zadrži manje toplote) od okeana. Zbog toga se snizila temperatura u tim oblastima. Formirani snežni i ledeni pokrivač oko polova odbijao je sunčevu energiju. To je izazvalo dalje hlađenje. Tako se pre oko 15 miliona godina na Antarktiku formirao ledeni pokrivač, a pre 7 miliona godina, iznad velikog dela severne hemisfere, počeo je da raste ledeni pokrivač. Time je pre oko 2 miliona godina otpočelo Pleistoceno ledeno doba.

Ljudska vrsta je započela razvoj pre oko 3 do 4 miliona godina. Od tada, ledeni pokrivač se više puta spuštao do središnjih delova Evrope i Severne Amerike. Tako, pre samo 18 hiljada godina, znatan deo Evrope i Severne Amerike bio je prekriven ledenim pokrivačem.

Ledeno doba je imalo snažan uticaj na živi svet. Naš predak se uspešno prilagođavao tim uslovima. Razvijao se i fizički i u ponašanju. Došlo je do povećanja mozga, razvio se dvonožni lokomotorni sistem, kao i ruke, kojima se obavljaju sve složenije i delikatnije radnje. Postaje nesumnjivo dominantna životinjska vrsta.

Da bi preživeli, drevni ljudi su lovili, tražili i sakupljali hranu. Flora i fauna koju su oni koristili, bila je pod odlučujućim uticajem klime. Ljudske migracije i staništa takođe je determinisala klima. Ostajali su na jednom mestu dok ne bi potrošili raspoložive resurse. Zatim bi se selili na drugu lokaciju. Razvili su kvazi nomadski način življenja.

Klima je bila presudni faktor razvoja rane civilizacije. Darežljiva tropska klima podsticala je stasavanje naprednije civilizacije, dok su oštri klimatski uslovi zahtevali stalnu borbu za opstanak. Sezonske temperaturne (i uopšte vremenske) promene, uticale su na dalji socijalni i tehnološki napredak.

Na promenu klime utiču i antropološki i geološki činioci. Tektonske sile pokreću kontinente u različite klimatske zone. One takođe stvaraju planine oko kojih se menja strujanje vazduha, izloženost tla sunčevom zračenju, što sve produkuje lokalnu klimu. Male promene temperature okeana imaju uticaj na razne populacije jednostavnih živih organizama. One, pak, menjaju sastav atmosfere, što, opet, ima za posledicu menjanje klime. Takođe se i ljudskom aktivnošću menja hemijski sastav atmosfere. Sve to se odražava na kratkoročne i dugoročne promene klime. Te promene su postepene i ne osećaju se na vremenu koje pratimo iz dana u dan.

U ovom delu će ukratko biti opisan nastanak Zemlje, njeno hlađenje i postepeno stvaranje blagotvornih uslova koji su doveli do nastanka planete sa vodom i atmosferom. U tim uslovima se razvio živi svet.

1.2. Meteorologija univerzuma

Zemlja je nastala iz haotičnog, neorganizovanog oblaka prašine i gasova. Slično draguljima prosutim na crnom platnu, na noćnom nebu svetle milioni galaksija, pri čemu je svaka od njih sastavljena od milijardi zvezda. Neke su neizmerno velike, druge umerene veličine. Zvezde u njima su raspoređene u tri osnovna oblika: jajasti, sferni i, daleko najlepši — spiralni. Najveći broj galaksija, 80%, je spiralnog oblika.

Pre oko 5 milijardi godina, na jednom spiralnom kraku galaksije Mlečni put, lebdeo je oblak kosmičke prašine, nastao pri eksploziji neke zvezde. Za galaktičke razmere, ova prozirna grudvica sporo je rotirala, nagomilavajući masu oko njenog centra. Vremenom se ta masa povećala na račun manjih delova iz njene okoline, koji su privlačeni njenom silom gravitacije.

Centralna masa je narasla tako velika, i sa tako velikom gustinom, da je njena gravitacija privlačila i najdalje deliće. Oblak se skupio oko centralne mase. Pri tom skupljanju oblaka, povećavala se brzina njegove rotacije, slično klizačici koja pri rotiranju skuplja ruke uz telo. Pošto su delići padali na nju sve brže, centralna masa je izravnjavala svoju površinu. Delići koji su padali manjom brzinom, ostajali su da rotiraju oko stvorenog jezgra.

Stropoštavanje novog materijala na narastajuću centralnu masu, izazivalo je trenje od koga je rasla temperatura u unutrašnjosti. Kada je temperatura premašila kritičnu vrednost, masa je počela da svetli rumenom bojom.

Atomi vodonika koji su snažno izbacivani u unutrašnjost, sjedinjivali su se i stvarali termonuklearni lanac reakcija. Boja jezgra ovog, nekada prozirnog oblaka prašine i gasa, menjala se od rumene, preko svetlo crvene do sjajno bele. Jednom, kada se desila eksplozija, nastala je zvezda, naše Sunce, koja od tada zrači ogromnu energiju u okolni prostor.

Više manjih konglomerata koji su izbegli privlačnu silu, ostali su da kruže oko Sunca na proizvoljnim rastojanjima od njegovog centra. I oni su nastavili da skupljaju preostali materijal iz svoje blizine. Tako su stvarane grudve sa značajnom masom. Jedna od njih je Zemlja.

1.3. Počeci formiranja kopna, mora i vazduha

Snažno akumuliranje materijala i na Zemlji je bilo praćeno povećanjem temperature. Ali, za razliku od Sunca, na Zemlji se nikada nije skupila tolika masa da bi otpočela termonuklearna reakcija. Ipak, rast temperature je doprineo otapanju unutrašnjeg dela. Teži elementi istopljenog materijala, gvožđe i nikl, gravitacijom su privučeni u centar planete, a lakši elementi, silikati i ugljenik, isplivali su prema površini. Mnogi od njih došli su na površinu u obliku gasa. Tako je stvorena atmosfera. Pored ostalih materijala, nju su sačinjavali vodena para, ugljen-dioksid i metan.

Zbog podizanja vodene pare, u atmosferi se formirao oblačni sloj, debeo do 20 km. Tako debeo oblačni sloj sprečavao je sunčevo zračenje da dospe do površine Zemlje. Ugljen-dioksid i vodena para nisu dozvoljavali da izračena toplota sa Zemlje ode u svemir. Padale su i kiše, ali bi kišnica brzo isparavala zbog jako tople površine.

Pod pritiskom spoljašnjih slojeva i zbog raspada radioaktivnog materijala, u unutrašnjosti Zemlje se oslobađala ogromna toplota. Pošto zračenjem ta toplota nije mogla da se prenese u svemir, Zemlja je počela da svetli mutno crvenom svetlošću. Tako se cela masa Zemlje dramatično istopila. Tečni materijal se pod uticajem gravitacije formirao u skoro idealnu sfernu kap sastavljenu od tečnih stena koje su plivale iznad tečnog metala.

Intenzivnim ispuštanjem toplote u svemir, kroz proto – atmosferu, otpočelo je hlađenje Zemlje. Tako su se, od lomljivih stena, formirala tanja ili deblja ostrva koja su plivala u ogromnom moru tečne lave. Plivajući, neka ostrva su se sjedinjavala u veće kopnene mase, čime se formiraju prostrani

kontinenti. Pri tim procesima formira se i druga atmosfera od vodene pare i ostalih gasova koji su napuštali unutrašnjost Zemlje.

U dugom periodu vremena održavala se visoka temperatura atmosfere. Velika količina vodene pare i ugljen-dioksida nisu dozvoljavali da se Zemlja hladi, jer su apsorbovali toplotu izračenu sa zemlje. Temperatura vazduha u prizemlju bila je između 60 i 90°C. Na većim visinama, temperatura je bila niža, što je pogodovalo kondenzaciji. Formirao se neprekidni debeli sloj oblaka koji je obavijao celu Zemlju. Kao i ranije, iz debelog oblačnog sloja padala je kiša, koja je zbog visoke temperature isparavala pre dolaska na zemlju.

Ipak, Zemlja se postepeno hladila. Vremenom su i kiše padale na novoformiranu koru Zemlje. Jake kiše i vetrovi povezani sa snažnim grmljavinskim oblacima, drobili su delove tla na većim visinama. Sakupljena voda, u vidu reka, odnosila je u niže oblasti i minerale zahvaćene sa tla, formirajući tako jezera i mora. Vrući gasovi iz unutrašnjosti Zemlje, koji su bili zasićeni mineralima i hranljivim sastojcima, potiskivali su podzemnu vodu kroz pukotine na dno mora. Od hranljivih materija sa kopna i mora, pod uticajem toplote dobijene od Sunca i vulkana stvarala se bogata „supa" od vrlo kompleksnih nukleinskih kiselina, šećera, fosfata i proteina. Ove hranljive materije bile su pogodne za formiranje primitivnih oblika života, naročito u plitkim vodama jezera i mora. Dakle, posle milijardu godina „porođajnih bolova", Zemlja se snabdela resursima potrebnim da se stvore prvi oblici života.

1.4. Prvi život na Zemlji

U periodu od milion godina, dok su padale olujne kiše, u nastalim morima formira se prvobitna „supa" od hemikalija, minerala i jednostavnih molekula. Do danas nije pouzdano utvrđeno kako je nastao prvobitni životni oblik u ovakvom rezervoaru prastarih elemenata. Postoje razne teorije.

Većina istraživača saglasna je da se naš pratilac, Mesec, uobličio pre 5 milijardi godina od krhotina sastava sličnog zemljinom. Milijardu godina kasnije, kada se, prema pretpostavkama, pojavio život, Mesec je bio bliži Zemlji nego danas. Pored toga, Zemlja se brže okretala, zbog čega su morske mene trajale od 2 do 6 h, a plima zahvatala nekoliko kilometara kopna. Zbog toga se naglo menjao salinitet mora. Baš ta promena, po jednoj teoriji, uzrokovala je spajanje i razdvajanje dvostrukih nizova molekula sličnih DNK.

U vreme plime, koncentracija soli bila je niska. Dvostruka DNK se u takvim uslovima raspada, jer se nabijena fosfatna jedinjenja na svakom nizu međusobno odbijaju. No, u vreme oseke, koncentracija molekula i soli bila je vrlo visoka. To je podsticalo razvoj dvostrukih nizova molekula, jer visok nivo soli neutrališe fosfatni naboj i sprečava razdvajanje nizova. Morske mene su davale energiju potrebnu za spajanje i razdvajanje polimera.

Mnogi istraživači ne veruju da su DNK bili prvi molekuli koji se umnožavaju (replikuju). Postoje tumačenja da je najpre kristalizacijom, zbog plime, nastao jednostavniji genetski materijal. No, bez obzira na to kakvi su bili prvi molekuli koji se replikuju, oni su sigurno postojali u sredini koja se menja. Uzgred, ako je ova teorija tačna, na Marsu se život nije mogao razviti, sve i da je bilo vode na njemu. Jer, veći od dva Marsova meseca, toliko je mali da su morske mene koje on izaziva samo 1% onih koje uzrokuje naš Mesec.

Za meteorologe, kao i najveći broj istraživača koji se ovim bave, za nastanak živog sveta pouzdanija je teorija meteorološkog okidača. Prema njoj, u tmurnim, nagomilanim oblacima stare atmosfere, vršila su se stalna električna pražnjenja. Energija tih pražnjenja u prisustvu kišnih kapi, generisala je u vazduhu proteine i jednostavne molekule koji su potom sa kišom padali na Zemlju i akumulirali se u okeanima. Hemijske reakcije koje su se dešavale u obilju neorganskih supstanci, stvorile su prebiološke molekule sa složenijim nukleinskim kiselinama, šećerima, fosfatima i proteinima. Oni su činili „građevinski materijal" života.

Pre 3,5 milijardi godina i vulkanske aktivnosti su se dešavale mnogo češće. U blizini izliva vulkana, na morskom dnu su se javljale organske materije. Iz njih, uz katalitičku toplotu vulkana, mogao se stvoriti život. I danas, na dnu okeana, na sastavu tektonskih ploča, kroz pukotine se upumpavaju minerali. Ova samoobnavljajuća fabrika hemikalija i hranljivih materija, stvara oazu života uz pomoć „podzemne" toplote.

Bez obzira šta je poslužilo kao katalizator, sunčevo zračenje, toplota iz morskih dubina, energija plime i oseke, ili neki drugi uzročnik, iz jednostavnih organskih molekula stvorile su se proste jednoćelijske strukture — prokariotske ćelije. Odatle potiču prve životne forme na Zemlji.

1.5. Menjanje sastava atmosfere

Prvobitna atmosfera se znatno razlikovala od današnje. Ona je sadržavala veliku količinu ugljen-dioksida i sasvim malo slobodnog kiseonika. Ovakav sastav, ma kako danas izgledao nepogodan za većinu živog sveta, predstavljao je vrlo gostoljubivu sredinu za razvoj tadašnjeg života.

Kiseonik, tada i danas, predstavlja vrlo korozivni gas. On brzo reaguje sa gotovo svim sa čim dolazi u kontakt. Po svom formiranju, jedinio se sa mineralima u kopnu, stenama u vodi, tako da je ostalo malo slobodnog kiseonika i ozona u atmosferi. Da je tadašnja atmosfera sadržavala kiseonik koliko današnja, nikada se ne bi razvio živi svet, jer bi se embrionalna forma života uništila odmah po stvaranju.

Veliki sadržaj ugljen-dioksida, kroz efekat staklene bašte, održavao je vrlo visoku temperaturu u prizemnom delu atmosfere i okeana. Temperature su bile između 60 i 90°C. To, uz dodatni katalizator, nije pogodovalo razvitku složenijih životnih formi, poput algi i bakterija.

Milijardu godina po nastanku prvih formi života, Zemlja se dovoljno ohladila i jednolični debeli oblačni sloj se kidao i iščezavao. Prestale su i neprekidne kiše. Tako je i Sunce zasjalo na zemljinoj površini. Stvoreni su uslovi za sledeći nagli skok u razvoju života na Zemlji: otpočela je fotosinteza.

Ranije forme života, bez prisustva sunčeve svetlosti, opstajale su korišćenjem hranljivih materija i minerala iz vode, stvarajući tako šećer, procesom fermentacije. Kada su oblaci ustupili mesto sunčevim zracima, jedna vrsta plavo – zelenih bakterija (cijanobakterije) adaptirala se da koristi sunčevu svetlost za razdvajanje molekula vode i ugljen-dioksida Tako je stvorena visokoenergetska glukoza, uz oslobađanje kiseonika u fotosintetičkom procesu.

Na Zemlji je, 500 milona godina posle toga, bilo obilje cijanobakterija, organizama sposobnih da stvore sopstvenu hranu iz malih molekula, korišćenjem ugljen-dioksida iz vazduha i energije Sunca. Nemajući prirodne neprijatelje, populacija cijanobakterija se uvećavala bez ograničenja. Ipak, pri tom se povećao sadržaj kiseonika, pa je atmosfera postala zatrovana sredina za postojeće forme života, uključujući i cijanobakterije.

Porastom sadržaja kiseonika, bakterije su iščezle ili se povukle u sredine gde kiseonik nije dopirao. Cijanobakterije su, tako, uspele da spektakularno izmene balans kiseonika i ugljen-dioksida u atmosferi, ali i da unište svoje prirodno stanište. Takođe su zauvek izmenile uslove evolucije.

1.6. Nova atmosfera i novi oblici života

Povećani sadržaj kiseonika u vazduhu nije pogodovao opstanku prvih formi života. Kasniji oblici života su tolerisali izraženije prisustvo kiseonika, čak ga aktivno koristeći u svom metabolizmu. Tako, u periodu od milijardu godina, otpočinje međuzavisnost životinja koje koriste kiseonik i ispuštaju ugljen-dioksid i biljaka koje troše ugljen-dioksid i oslobađaju kiseonik. Ozonski sloj, formiran u stratosferi, služi kao filter za štetno ultraljubičasto zračenje, čini prizemnu sredinu povoljnom za živi svet.

Smanjenjem ugljen-dioksida, došlo je do hlađenja Zemlje do tolerantnog nivoa. Posle naredne milijarde godina, razvile su se savršenije forme života. Pojavljuju se eukariotske ćelije, zasnovane na fotosintezi i obilju kiseonika, koje su stvorile prethodne (prokariotske) forme. Nove ćelije su sadržavale genetski materijal koji omogućava precima da prenose poboljšane osobine na naslednike. Javljaju se raznovrsnije forme života. To ih čini i osetljivijim na promene u klimi, i uopšte, okruženju.

Najrazvijeniji organizmi zahtevaju stabilniju okolinu. Zemlja tako stabilne uslove ne obezbeđuje. Više puta za poslednjih 550 miliona godina desile su se katastrofalne promene koje su uništile gotovo sve eukariotske forme života, dok su prilagodljive bakterije ostale gotovo bez posledica.

1.7. Ledena doba i razvoj prvobitnog čoveka

1.7.1. Klimatske katastrofe

Od svih katastrofa koje se javljaju u biosferi (koju sačinjavaju litosfera, hidrosfera i atmosfera) ledena doba ostavljaju najveću pustoš. Vulkanske erupcije, zemljotresi i poplave spadaju u snažne destruktivne pojave, ali se po silini i obliku razaranje ne mogu upoređivati sa ledenim dobima.

Najnoviji ciklus ledenog doba započeo je pre oko 200 miliona godina. Tektonske sile su potisnule sve kopno u jedan kontinent, nazvan Pagania. Formiran je u okolini Ekvatora, tako da nije doživeo ledeno doba. Vremenom se Pagania podelila u više delova (ploča). Najveće ploče čine današnje kontinente u čiji izgled smo upućeni. Pre oko 65 miliona godina, tektonske ploče su pokretale veliki deo kopna Antarktika, Sibira i Severne Ameri-

ke prema polovima. Taj deo kopna je odavao više toplote nego što je dobijao od Sunca. Temperatura se toliko snizila da se akumulirani sneg u toku zime, leti nije mogao istopiti. Tako se snežni pokrivač povećavao. Pod teretom gornjih slojeva, donji sloj snega se pretvarao u led. Time počinje dugi period zahlađenja, poznat kao Kenozoičko klimatsko odstupanje.

Stvara se, pre 15 miliona godina, Antarktička ledena kapa, a pre 10 miliona godina pojavili su se mali lednici na većim visinama severnijih oblasti Severne Amerike. Pre 7 miliona godina, ledena kapa na Severnom polu počela je da raste, da bi pre 1,5 miliona godina prekrila Grenland. Ogromne količine nagomilanog snega i leda reflektovale su toplotu Sunca, tako da je Zemlja ubrzano tonula u ambis Pleistocene glacijacije (zaleđivanja).

Od početka Pleistocenog ledenog doba, pre oko 2 miliona godina, Zemlju su zahvatila četiri ekstremna perioda zaleđivanja koji su ostavili jasne tragove, koje je nauka dobro proučila. Ustanovljeno je da se u Evropi ivica lednika spustila južnije od linije London – Moskva. Manji lednici su se formirali na Pirinejima i Alpima. Oni su se odatle prostirali više prema severu, ostavljajući između leda samo uske oblasti tundri i zakržljalih četinarskih šuma. Slično, u Severnoj Americi, lednici su se spuštali do linije Sinsinati – Filadelfija.

U svakom periodu nastupanja lednika, postojeći živi svet i na kopnu i u moru se povlačio, a u periodu otopljenja se vraćao i popunjavao oblasti koje je led napustio.

1.7.2. Klimatološki kvasac života

Ljudi danas žive gotovo svugde na Zemlji. Čak povremeno znaju da borave i u prostranstvima svemira ili u okeanskim dubinama. Ali, prethodnik današnjeg čoveka živeo je samo u Africi. Upravo klimatološki faktor bio je kvasac tom životu.

Pre 25 milona godina, Afrički kontinent je bio odvojen od Evrope i Azije. U to doba, bujna vegetacija džungle nije obuhvatila samo Kongoanski basen, kao danas, već se protezala znatno severnije i istočnije. Kada je Afrička ploča zauzela sadašnji položaj, najveći deo severnog kontinenta našao se pod uticajem suptropskog visokog pritiska, gde je dominirao Azorski anticiklon. Topla silazna kretanja vazduha nisu dozvoljavala formiranje oblaka, izuzev plićih i nižih oblaka.

Oblasti sa suvim silaznim kretanjima bile su bez padavina. Tako se

formirao najveći, Saharsko – Arabijski pustinjski kompleks. Ova prostrana golet odvajala je zelenu šumsku džunglu ekvatorijalne Afrike od Mediteranskog mora i plodne Iračko – Iranske nizije. Čak i Kanarska i Azorska ostrva, imala su aridnu (suvu) klimu, izuzev planinskih oblasti, gde je dolazilo do padavina uslovljenih orografijom.

Pleistocena klima bivala je hladnija i suvlja. U ekvatorijalnoj Africi, kolevci našeg prethodnika, veliki delovi bujne vegetacije počeli su da venu, da se suše, zbog nedostatka kiše. Reke i jezera su presušili, a šume je postepeno zamenjivala trava i žbunje. Pustinje sa severa i juga su opkoljavale tu oblast. Biljke i životinje su bile prinuđene da se prilagođavaju, usled nestašice vode i hrane.

Kroz ovaj period, čovekoliko biće se, u potrazi za hranom, popelo u planine Etiopije. Preteča homo sapiensa, uspešno i prilagodljivo se nosio sa haotičnim promenama. Istisnut iz oblasti šuma u travnate visoravni savana, razvija se i fizički i „umno". Neminovno, dolazi do povećanja moždane mase, te sve namenskijih i smislenijih funkcija ruku. Posle milion godina metamorfoziranja, nazire se i razvija prvi „pravi" čovek: homo habilis.

Homo habilis upotrebljava kamenje kao proste alatke, pravi zaklone pri lovu, traži i sakuplja hranu po istočnoj Africi. Postojao je oko pola miliona godina, kada je „ustupio mesto" mnogo razvijenijoj vrsti, homo erektusu.

Homo erektus je izuzetno uspešan prethodnik čoveka. Opstajao je milion godina, šireći se po celoj Africi, pa i Maloj Aziji, Kini, Indoneziji i Evropi.

1.7.3. Klimatska seoba pračoveka iz Afrike

Antropolozi su u nedoumici i još uvek traže odgovor na pitanje zašto je prvi čovek emigrirao iz Afrike. Izgleda da se zadovoljavaju konstatacijom da je to uradio jer je želeo i mogao. Želeo — da bi poboljšao životne uslove; mogao — jer su mu klimatski faktori omogućili seobu, bez čijih podobnosti, uprkos želji, seoba ne bi bila moguća.

Za lov, traženje i skupljanje hrane, bila je potrebna veća teritorija. Rast populacije, rivalstvo i borba za novi životni prostor, naterali su nomadske grupe na migracije severno i južno. Neke grupe homo erektusa živele su na ivici egzistencije duž južne granice Sahare. One nisu mogle migrirati, jer su znale da čak kada bi ponele nešto hrane i vode, to im ne bi bilo dovoljno da prežive na dugom pustom putu.

Hiljadama godina erektus je pratio kako se leti ozelenjavanje pustinje pomera prema severu, zbog letnjih monsunskih kiša, i povlači prema jugu, u jesen, kada prestaju kiše. I oni su se tako pomerali. Tako, homo erektus je verovatno bio prvi na svetu osmatrač i prognostičar vremena. Oni su pažljivo pratili znake koji bi najavljivali kada i u kom smeru bi se trebalo pokretati.

Pre oko milion godina, Zemlju je postepeno zahvatalo prvo od četiri Pleistocidna ledena doba koje se naziva Ginc. U sklopu tih dramatičnih klimatskih promena, menjala se klima severne Afrike. Monsunske kiše su počinjale ranije, trajale duže i zahvatale širu oblast prema severu.

Pustinja se lagano povlačila pred nastupajućom blagodetnom kišnom zavesom. Na pustinjskim oblastima, ranije odenutim tek u pesak i kamen, sada buja trava i žbunje. Punile su se oaze i suva rečna korita, a jezero Čad je doseglo veličinu današnjeg Kaspijskog mora. Životinje su hitale u prostor bogat biljem, a za njima su išli i ljudi.

Lutajući prema severu, naš prethodnik, erektus, prvi put susreće smenu vremena po sezonama. I leta i zime su bili hladniji. Sa zapada su često nailazile grmljavinske oluje. Bilo im je nepraktično, pa i nemoguće, da se u zimskoj sezoni sele u tropske krajeve. To je erektusa nateralo da pronađe vatru, da upotrebljava odeću i da pravi zaklone (skloništa). Tako je postao nezavistan od sezonskih promena vremena.

Pokušavajući da odgonetne karakter dolazećeg vremena, naš prethodnik je verovatno počeo da gleda u nebo, pokušavajući da odgonetne karakter dolazećeg vremena. Vremenom su prepoznali koji oblaci ne donose loše vreme, a koji nagoveštavaju strašnu oluju, pa bi se trebalo vratiti kući, ili naći novi zaklon i tamo potpaliti vatru. Javili su se pojedinci u plemenu koji su detaljnije zapažali od ostalih. Imali su zadatak da osmatraju vreme i da vrše upozorenja na eventualnu opasnost. Oni su akumulirali znanja i predstave o vremenu.

Nema sumnje da su i ovi, prvi prognostičari vremena, patili od istih problema kao i savremeni prognostičari. Može se zamisliti šta se dešavalo kada bi članovi plemena bili upozoreni da će naići oluja i da bi trebalo prekinuti lov, ostaviti neki bogati žbun sa puno plodova i usred dana se vratiti kući. Verovatno su se još tada pojavile šale o nekompetentnosti ljudi koji se bave bdenjem vremena. Šale su mogle biti ovakve: „Kada prognostičar kaže biće kiše, mi ćemo ići u lov i skupljati hranu, a kad kaže da neće biti kiše, mi ćemo ostati u pećini pored vatre, pripremati odeću, praviti alat i crtati crteže na zidovima pećine".

Jednog dana pre milion ili nešto više godina, između četinarskog drveća, mala grupa ljudi ugledala je ogromnu količinu vode. Otkrili su Sredozemno more. Pogodna promena globalne klime učinila je da se preko pustinjskog peska Sahare stvori zeleni pokrivač po kome je rani erektus lovio i skupljao hranu i preko koga se selio u nove svetove.

Između dva ledena doba, javljao se topli period, sličan ovome u kome sada živimo. Tada su se lednici povlačili vraćajući pustinjske uslove u severnoj Africi, čime su se zatvarala klimatska vrata prema Bliskom Istoku. Za neko vreme je odloženo seljenje iz i u cenrtalnu Afriku. Životinje i ljudi pred pretnjom pustinje u obnavljanju, premeštaju se u trope, ili severno, prema Sredozemnom moru. Ljudi koji su migrirali severno, šire se staništima duž Mediterana i prelaze na Bliski Istok, u Aziju i Evropu. Drugačija sredina u odnosu na saplemenike koji su ostali južno od Sahare, uslovljava i nešto drugačiji razvitak severne skupine ljudi.

1.7.4. Vreme i život u ledenom dobu

Treća, i poslednja vrsta ljudskog roda, homo sapiens, razvila se u Africi pre oko 100 hiljada godina. Tada je Zemlju zahvatio najhladniji deo Pleistocena, koji se naziva Virm. Pre oko 60 hiljada godina, u oblasti današnje Sahare, živeo je sasvim moderni čovek. Pronašao je tehničku spravu, nazvanu Alterija (prvo nađenu u mestu El Alter, istočni Alžir).

Za vreme ledene ere Virma, temperatura je opala oko 10 stepeni i ledena kapa je dostigla ogromne razmere. U toku najjače faze, neprekidna ledena kapa se spuštala ispod Velikih jezera u Severnoj Americi, u Evropi južnije od Engleske i Danske, a ledeni bregovi su popunili severni Atlantik, između Njufaunlenda i Engleske. Na južnoj hemisferi, Antarktička ledena kapa se proširila za preko 150 km. Vremenom se Antarktički led spojio sa ledom Južnih Anda u Patagoniji.

Intenzivnim hlađenjem u istočnom delu Severne Amerike i zapadne Evrope, uspostavljene su duboke doline hladnog vazduha, dok se iznad relativno toplog severnog Atlantika uspostavio slab greben pritiska. U Americi je dolazilo do stalnih prodora arktičkog vazduha, sve do Meksičkog zaliva. Mešanje tog, hladnog i suvog, sa vlažnim i toplim vazduhom, stvaralo je ekslozivne procese. U Meksičkom zalivu se formirala serija oluja. Kretale su se prema istoku i brzo zahvatale Španiju i severnu Afriku.

Za vreme ledenog doba, posebno u zimskom periodu, duvali su sna-

žni zapadni vetrovi, znatno bliže Ekvatoru nego danas. Zbog toga je slabio atlantski anticiklon, pomerajući se nešto južnije. Slabilo je zbog toga i silazno kretanje iznad severne Afrike, pa su olujni oblaci bili vrlo duboki i donosili veliku količinu padavina u unutrašnji deo zapadne Afrike. Pri svakom prolasku takvih oblaka, reke i jezera bi se punili vodom. Razvijala se vegetacija dublje u kopnu severne Mauritanije, Malija i zapadnog Alžira.

U Evropi je situacija bila nešto drugačija: Alpi, Pirineji i centralni planinski masiv u Francuskoj, predstavljali su prepreku prodiranju hladnog kontinentalnog vazduha prema Mediteranu. Ipak, i tada, kao i danas, taj prodor se vršio kroz Ronsku i Karkazonsku dolinu. Tako je u toj oblasti Mediterana vršen intenzivni razvoj ciklona, koji je za vreme ledenog doba bio izraženiji nego sada. Serije hladnih frontova su se odatle kretale prema severnoj Africi, donoseći tako kišu duboko u pustinje današnjeg Alžira, Libije i Egipta.

Na južnoj hemisferi, snažni zapadni vetrovi su duvali preko Anda, uspostavljajući visinsku dolinu istočno od Rio de Žaneira. Istovremeno, nad južnim Atlantikom uspostavio se greben pritiska. Greben suptropskog pritiska je bio slabiji pa je bio pomeren nešto severnije i istočnije. To je uslovljavalo snažnije strujanje vlažnog tropskog vazduha, preko Ekvatora u severnu Afriku. Oslabljena silazna strujanja u suptropskoj oblasti severne Afrike, omogućavala su monsunima u toj oblasti da donose kišu u oblasti današnjeg Čada, Nigera, Malija i Mauritanije.

Povećane padavine su pospešile vegetaciju u severnoj Africi. Istovremeno, niže temperature su doprinele smanjenju isparavanja sa tla. Tlo je akumuliralo vlagu. Ta akumulirana vlaga je služila kao dodatni izvor za obogaćivanje oluja koje su dolazile sa zapada.

Za vreme Virm ledenog doba, smenjivale su se hladniji i topliji periodi. Skorašnje analize slojeva leda na Grenlandu, pokazale su da je takvih smena bilo šest do sedam u poslednjih 100 hiljada godina. Paleoklimatolozi tvrde da je sličnih oscilacija u temperaturi bilo i tokom drugih ledenih doba.

Neke veze između padavina u severnoj Africi i pojave ledenih doba, spekulativne su prirode. Međutim, arheolozi su otkrili da je homo sapiens naseljavao veliki prostor Sahare u dugom periodu toga vremena.

Mada deluje paradoksalno, destruktivno Pleistoceno ledeno doba je stvorilo motivišuću silu koja je tako markantno unapredila život na našoj planeti.

1.8. Klima i razvoj civilizacije

Prethodnik sapiensa bio je pasivna komponenta prirode sve dok je živeo u pogodnim oblastima Afrike, Bliskog Istoka, Evrope i Azije. On se adaptirao datim uslovima sredine koliko god je mogao. Lovio je, skupljao divlju hranu i navikavao se na klimu koliko god je mogao.

Neprekidnom upotrebom ruku u periodu dužem od milion godina vrlo sporo se vršio i „tehnološki" napredak. Sve do pojave homo sapiensa, obdarenog i dinamičnog čoveka, sa njegovim inovativnim mozgom, nije se ništa značajnije promenilo u pravljenju alatki, zaklona ili u tehnici lovljenja. Čak i neandertalac je koristio samo obične alatke.

Arheolozi su ustanovili da se moderni čovek javlja pre oko 120 hiljada godina, kada počinje da koristi savremeniju tehnologiju. Pre pedesetak hiljada godina, za vreme Virm ledenog doba, on počinje da se iz severne Afrike seli na Bliski Istok i druge oblasti severno i istočno. U periodu pre 40 do 35 hiljada godina, homo sapiens se brzo raselio po Evropi i Aziji. Pre oko 25 hiljada godina izmenio je sve dotadašnje forme življenja.

U interglacijalnom periodu, Emienu, pre 130 do 80 hiljada godina, klima je bila slična današnjoj. Pošto su se lednici povukli, život se ponovo vratio u evroazijske stepe. Iskoristivši odsustvo snega i leda, neandertalac se u tom, 50 hiljada godina dugom periodu, raselio na sve strane. Ponovnom pojavom lednika, pre oko 30 hiljada godina, on je iščezao iz Evrope. Jedino se na Bliskom Istoku zadržala jedna grupa neandertalaca koja je neko vreme živela zajedno sa homo sapiensima.

Pre 35 hiljada godina, sapiens je naselio Evropu. Preživeo je dugi hladni period Virma. Sa svojim zadovoljavajućim socijalnim sposobnostima koristio je prirodne resurse. Savremenijim tehnikama, širom otvorenih stepa i tundri Evrope, lovio je iz krda bizona, jelena, konja i mamuta. Pre oko 26 hiljada godina, homo sapiensi su uspostavili, više ili manje, stalne zajednice. Pravili su oružje od kostiju i ostavljali hranu za zimu.

Uslovi njihovog života dramatično su se promenili pri otapanju leda, pre oko 18 hiljada godina. Voda od otopljenih glečera plavila je otvorene pašnjake. Neki od tih neolitskih stanovnika Evrope, kretali su se prema severu, za krdima irvasa. Neki su ostali i promenili način ishrane. Koristili su ribu, perad i divlju zeljastu hranu.

Kada je klima postala blaža, ljudi su se grupisali u veće zajednice. Uveli su hijerarhiju u odlučivanju, uspostavili trgovačke puteve duž reka, ba-

vili se obradom zemlje, lovom i ribolovom.

Po isteku ledenog doba Virma, pre oko 12 hiljada godina, već je postojao jedan nov narod koji je bio spreman da se nosi sa novim izazovima toplog Holocena. Nesigurni život lovaca zamenili su sigurnijom zemljoradnjom.

Na prvi pogled bi se reklo da oblast Male Azije, Bliskog i Srednjeg Istoka nisu pogodne za bavljenje zemljoradnjom. Cela ta oblast se nalazi pod uticajem suvog kontinentalnog vazduha koji struji iz Evroazije. Blago anticiklonalno spuštanje vazduha suzbija razvoj oblaka i izostaju padavine. Tako se u obalsti današnje Sirije, Libana, Izraela i Jordana, održava pustinja i polupustinja. Ta oblast se naziva Levant.

U zimskom periodu u Levant povremeno dolaze cikloni sa Sredozemlja. Njih prate slabe kiše, naročito u višim planinskim predelima. Praktično, od aprila do septembra, ili sredine oktobra, nema kiše. Tako, bez zalivanja nema vegetacije, izuzev u uskom priobalju Sredozemlja.

Pre 15 hiljada godina u Levantu su vladali uslovi sasvim drugačiji od današnjih. Postojala je stalna oblast visokog pritiska iznad južnih delova Evroazijskog lednika. To je prisiljavalo ciklone sa Sredozemlja da se kreću znatno južnije nego danas. Čak i leti su se formirali cikloni u istočnom Mediteranu, koji su se kretali preko Male Azije. U toj oblasti je tada bilo hladnije i kišnije. Kiše su padale i u letnjem periodu, a zimi ih je bilo u izobilju. Tlo se zelenilo, sa obiljem biljaka i životinja.

U to doba, jedna grupa lovaca koja je živela u Levantu, Natufijanci, uspostavila je visok nivo organizacije. Upotrebljavali su različite metode korišćenja prirodnih resursa. Oni su se bavili i zemljoradnjom kao i pripitomljavanjem životinja. Ali, na izmaku ledenog doba Virma, otopljenje je ponovo povratilo pustinje.

Pritešnjeni između planina, sa severa, i pustinje, sa juga i istoka, ljudi su bili primorani da se bave proizvodnjom, a ne skupljanjem hrane. Pogodna lokacija, plodno tlo i topla klima, olakšalo im je da pređu na agrarni način življenja. Odatle pa sve do delte Nila i Persije, od divlje trave stvorene su žitarice, a od divljih životinja nastale su pitome ovce, koze i goveda.

Blaga klima istočnog Mediterana omogućavala je brz razvoj biljaka koje su mogle rasti i zimi, zahvaljujući prohladnom i vlažnom vazduhu iz Sredozemlja. Biljke bi sazrevale i pre početka duvanja toplog vetra sa istoka i Arabije.

Vremenom, mudrija plemena su uvidela pogodnost koja im se pru-

žala ostajući bliže takvim plodnim oblastima. Tako, pre oko 12 hiljada godina, rađaju se prva stalna naselja od kamenih kuća i sa popločanim mestima za čuvanje i pripremanje hrane.

Blaga holocenska klima predstavljala je kvasac za razvoj civilizacije. Rana civilizacija nije nastala u višim predelima, gde je bio zastupljen polunomadski način življenja. Čovek je, pod pritiskom suve klime, formirao gradove i razvio prvu civilizaciju uz reke. Reke su obezbeđivale potrebne količine vode i hrane. Okolno zemljište se nije ispošćavalo, već ga je rečni mulj stalno oplođavao. Četiri glavne evroazijske civilizacije razvile su se na poluaridnim oblastima, na nanosima zemlje od vode reka Nila, Tigra i Eufrata, Inda i Van Hoa.

Sumeri su prednjačili u razvoju gradova, mada ni rivalski Egipat nije posustajao. Sumeri su razvili i proizveli veliki broj novih uređaja i tehnika, uključujući metal, točak, brodove i, najznačajnije od svega, pismo.

Glava

2 KRATAK OPŠTEISTORIJSKI PREGLED

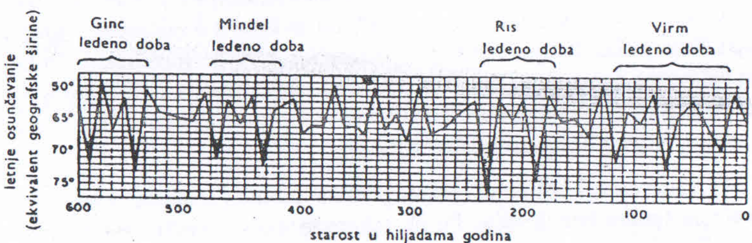
2.1. Klima kao faktor razvoja

U skladu sa odabranim konceptom da se prvo izlože najznačajniji faktori koji su omogućili razvoj nauke, klima (bez ikakve profesionalne pristrasnosti) sigurno zaslužuje prvo mesto. Jer, gde god i bilo kad da je započeo razvoj živog sveta, odlučujuće su ga uslovljavali klimatski faktori. Razvoj i usavršavanje čoveka i njegovih umeća značajno je usmeravan rukom klime.

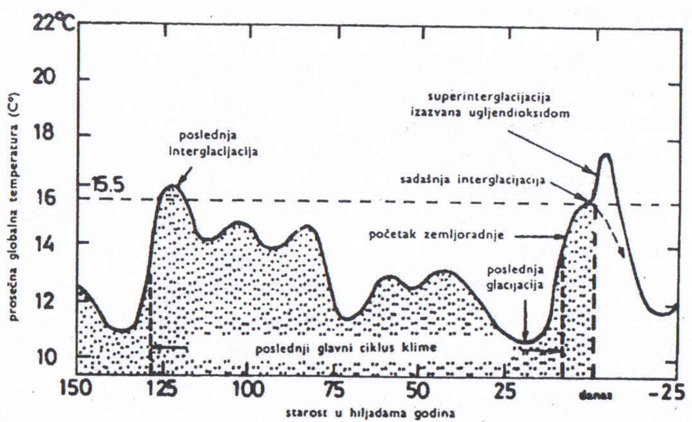
Uprkos poteškoćama, naučne metode su probile i rasvetlile duboku tamu prošlosti. Rekonstruisana su klimatska kretanja davno prošlih vremena. Prema astronomskim teorijama, prvenstveno našeg naučnika Milutina Milankovića, analizom fosilnih ostataka i drugim geološkim metodama, ustanovljeno je da su se na Zemlji smenjivala ledena doba. Milanković ih je pokazao na svojim linijama osunčavanja (sl. 2.1).

Detaljniji tok rekonstruisanja prosečne globalne temperature na Zemlji, od ledenog doba do danas i prognozirani tok za narednih 25000 godina prikazan je na sl. 2.2. Prema astronomskoj teoriji o ledenim dobima, u budu-

ćnosti bi trebalo da se javi zahlađenje koje bi dovelo do ledenog doba kroz 23000 godina. Tada bi globalne temperature trebalo da budu za oko 6°C niže nego danas. Pri ovome, naravno, nisu uzeti efekti zagrevanja u međuledenim dobima, koje se naziva superinterglacijacija, a uslovljena je povećanom koncentracijom gasova iz grupe „staklene bašte". Ukoliko bi se pojavilo ovo dodatno zagrevanje, srednje globalne temperature bi bile za nekoliko stepeni više nego u proteklih milion godina. U ovakvim uslovima, tendencija zahlađenja koja bi dovela do novog ledenog doba, zakasnila bi za oko 2000 godina, sve dok se pomenuti efekti zagrevanja ne iscrpe. Gubljenje ovog efekta će se desiti zbog iscrpljivanja rezervi fosilnih goriva (a time i prateća proizvodnja ugljen-dioksida). Uz ovo, uticaj ugljen-dioksida potrajaće još hiljadu godina nakon što prestane upotreba fosilnih goriva, jer je to vreme neophodno da se atmosfera oslobodi viška tog toplotnog pokrivača Zemlje.



Sl. 2.1. Milankovićeva kriva osunčavanja za 65. stepen severne geografske širine u proteklih 600 000 godina. Minimumi na krivoj predstavljaju četiri evropska ledena doba.



Sl. 2.2. Tok temperature između poslednja dva ledena doba pa do danas, kao i prognoza za narednih 25000 godina.

No, pošto nas, ovim povodom, interesuju klimatski uslovi u daljoj prošlosti, trebalo bi navesti glavne karakteristike ledenog doba. Pre 20 hiljada godina, kada se javilo ledeno doba, Zemlja je značajnim delom bila okovana debelim naslagama leda. Taj led se širio od severa prema jugu, zatrpavajući šume, polja i planine. Predeli ugroženi laganim spuštanjem glečera, dugo će nositi posledice ovog osvajanja. Temperature su bivale sve niže, a površina zemlje u mnogim delovima sveta tonula je pod debelim naslagama leda. Na drugoj strani, za stvaranje ovih debelih ledenih naslaga, iz okeana je izvučena velika količina vode. Nivo mora je opao za više od 100 metara. Velike površine graničnih kontinentalnih oboda postale su suva zemlja. Mnogi delovi kontinenata bili su spojeni zbog povlačenja vode. Tada je postojao suvozemni spoj između Azije i Severne Amerike.

U Evropi je led nadirao iz Skandinavije i Škotske. Prekrivao je najveći deo Engleske, Dansku i velike oblasti Rusije, Poljske i Nemačke. Manja ledena kapa sa centrom na Alpima, zatrpala je čitavu Švajcarsku i granične oblasti Francuske, Italije, Austrije i Nemačke. Led se formirao i u planinskim delovima Apenina i Dinarida. Slična situacija je bila i u Severnoj Americi. Na južnoj polulopti, mali ledeni pokrivači formirali su se na delovima Australije, Novog Zelanda i Južne Amerike.

Na severnoj polulopti, južnu granicu debelog ledenog pokrivača dodirivale su tundre bez drveća. Tu su, tokom kratkih i svežih leta, na močvarnom zemljištu rasle niske izdržljive biljke. Njima su se napasala stada irvasa i krda mamuta, koja su se zimi selila na jug, u potrazi za novim pašnjacima. Lovci kamenog doba, prateći tundrama mamute i irvase, mogli su da vide južnu ivicu ledenog pokrivača, da osete mraz i severne vetrove koji su im prodirali kroz odeću od irvasove kože.

Ledeni pokrivač se počeo povlačiti pre oko 14000 godina. To povlačenje, do sadašnjih granica, trajalo je oko 7000 godina. Sve što je ostalo od ledenog pokrivača na severnoj polulopti, je Grenlandski pokrivač zapremine 2 600 000 km^3 leda (na površini oko 1 736 000 km^2, prosečne debljine leda od 1500 m) i nekoliko ledenih kapa na kanadskom Arktiku. Najveća zaliha leda je na Antarktiku i ona je za oko 7 puta veća od one na Grenlandu. Kada bi se sav led sa Grenlanda otopio, nivo mora bi se povećao za 6,4 m. Precizna merenja sprovedena u petogodišnjem periodu, od 1994 – 99. godine, pokazala su da se zapremina leda na Grenlandu topljenjem smanjila za 51 km^3. Rezultat je dobijen merenjem promene visine ledene ploče pomoću lasera montiranog na avionu. Avion je nadletao ledenu ploču po istoj putanji u toku zime 1993/94. i 1998/99. godine.

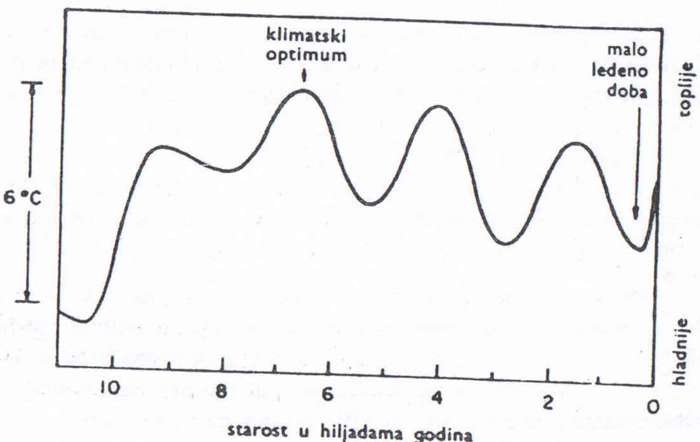
Ledene ploče se još uvek smanjuju. Antarktik je sada ledena pustinja, srednje debljine leda oko 2200 m, sa retkim snežnim padavinama, manjim od 60 mm godišnje (ekvivalent od 60 litara vode po kvadratnom metru). Uprkos sadašnjem stanju, fosilni ostaci pokazuju da je Antarktik pre više miliona godina bio tropska oblast.

Glečeri su za sobom ostavljali vrlo izmenjen predeo. Tamo, u Ajovi, gde danas savremeni farmeri beru kukuruz i u Dakoti žanju pšenicu, nekada su se zemljom valjali 1,5 km visoki glečeri, a na području današnjih evropskih šuma, nekada su se u nedogled prostirale doline bez ikakvog drveća.

Tragovi glečera ostali su urezani u vidu dubokih brazda u površinskim stenama, mrvljenjem i glačanjem povšine pod sobom. Ovaj materijal je prenošen do prednjih granica leda, gde se i taložio. Svedočanstva koja su ostavili ledeni pokrivači, naučnici novijeg doba, naročito geolozi, često su pogrešno tumačili. Jer, kada su se lednici povukli, sećanje ljudi na njih je počelo da bledi. Nasledno pričanje o njima, ako je uopšte potrajalo, bilo je neprecizno, tako da je svet lovaca kamenog doba brzo zaboravljen. Glečerski nanosi morali su da se tumače. A tu je u glavama savremenih naučnika bilo raznolikih viđenja. Neki su snažno podržavali tezu da glečerski ostaci potiču od velikog potopa opisanog u Bibliji. Prema toj verziji, „Gospod Bog je rešio da kazni nevaljali ljudski rod“. Spasao je samo pravednog Jova. Otvorio je izdani nebeske i došlo je do potopa. Prema tom tumačenju, vode potopa su prenosile gigantske gromade kamena stotinama kilometara.

Ipak, teorija o ledenim dobima je nadvladala teoriju potopa. U tom smislu bi trebalo detaljnije opisati promenu klime koja se desila u proteklih 10 000 godina, razdoblju najinteresantnijeg razvoja civilizacije. Temperaturni uslovi u poslednjih 10 000 godina prikazani su na sl. 2.3. Ovaj grafikon pokazuje tok globalne temperature do koga se došlo na osnovu geoloških činjenica sadržanih u glečerima i fosilnim biljkama. Pre oko 7000 godina, u vreme tzv. postglacijalnog klimatskog optimuma, temperature su bile više za oko 2°C, a padavine obilnije nego danas.

Teško je bilo utvrditi koliko pad srednje globalne temperature od 2°C ima uticaja na kulturu i, uopšte, ponašanje ljudi. Odgovor na to pitanje se učvršćuje činjenicom da proces zahlađenja najčešće prati smanjenje padavina. To utiče na tip poljoprivredne proizvodnje, a time i na raspored ljudskih naselja. Tako, na primer, utvrđeno je da je oblast Severne Afrike, koja je danas suva i neplodna, u vreme klimatskog optimuma imala dovoljno padavina i da su tamo bila cvetna polja, što je omogućilo razvoj velikih civilizacija.



Sl. 2.3. Grafikon srednje globalne temperature u proteklih 10 000 godina.

Na toj krivoj temperature posebno je interesantan period u poslednjih 1000 godina. Zbog toga je na sl. 2.4. prikazan trend klime u tom periodu. Vidi se da globalno zahlađenje od klimatskog optimuma ne teče ravnomerno, već se javljaju oscilacije mnogo kraćeg perioda. Od svih takvih oscilacija najpoznatije je tzv. malo ledeno doba. Javilo se negde oko 1350. do 1850. godine naše ere. U to vreme, globalne temperature su bile za oko 1°C niže nego danas. Slike vremena iz tog doba su vernije i sadržane su u mnogim pisanim dokumentima. Pored ostalog, u našim manastirima ima dosta zapisa iz tog perioda. Njih je, uz ostala dela, vredno sakupljao Ljubomir Stojanović u knjigama nastalim od 1902 – 1926. Te podatke dalje je sistematizovao prof. Pavle Vujević u svom radu povodom Međunarodne geofizičke godine. Opisi su, ipak, nužno neprecizni sa meteorološkog, kvantitativnog, stanovišta. Oni su ovog tipa (Vujević, 1931):

— 1597. godine:... bila ję hladnoća i zemlja oslabi...

(Zapisano u crkvi Arhangela Sv. Mihaila na reci Tari).

— 1605. godine: U to vreme bila je velika kuknjava u zemlji i mnogi predeli ostadoše pusti: Segečig, Bačka, Maškondija behu sasvim bez naroda; zato što je za parče hleba otac prodavao svoje dete.

(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Krušedol, okrug Irig).

— 1621. godine: Led je bio tako debeo na Popovom Polju da su ljudi po suvom peške prelazili od Veličana do kuće Vukojevića, 30. januara (9. februara, po novom kalendaru)

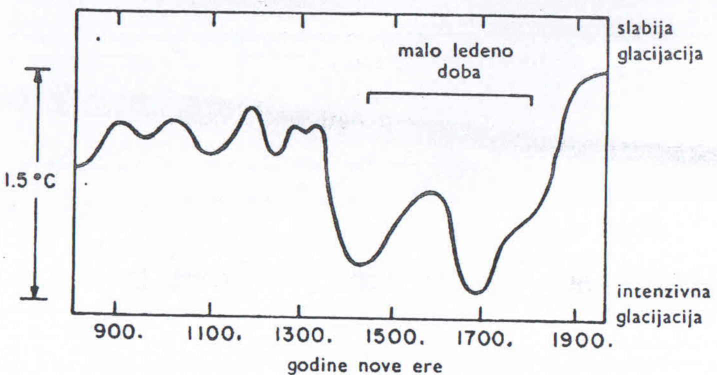
(Beleška sa evanđelja pravoslavnog manastira u Popovom Polju).

— 1624. godine: U manastiru Mileševi izlila se reka Kosatica. Bujica je bila tako divlja da takva nije bila od nastanka sveta, nosila je 4 ćelije, igumanovu ćeliju i gostinsku sobu. To je došlo u četvrtak, 3. juna (13. jun , po novom kalendaru).

(Beleška u zapisu Carske biblioteke u Sankt Petersburgu).

— 1624. godine: Manastir Dobrilovina na reci Tari. Tada je oskudica bila velika u svim zemljama i život skup, amin.

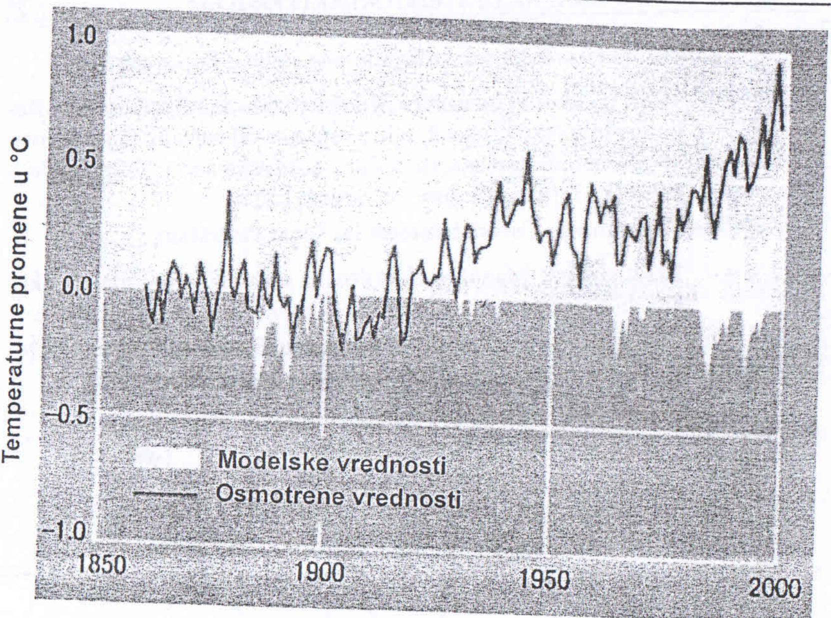
(Beleška u zapisu u Narodnoj biblioteci u Beogradu. Manastir Dobrilovina ili Sv. Đorđe, nalazi se 16 km severozapadno od Mojkovca).



Sl. 2.4. Grafikon srednje gobalne temperature tokom poslednjih 1000 godina.

U ovom kratkom pregledu klimatskih karakteristika u prošlosti, valja se osvrnuti i na period najbliže prošlosti — onom koje sadrži najverodostojnija svedočanstva o vremenu i klimi. U njemu postoje instrumentalni zapisi i kvantitativna merenja mnogih meteoroloških parametara. Iz merenja u obilju tačaka širom sveta, izračunata je srednja temperatura vazduha u poslednjih 100 godina. Taj hod temperature na severnoj hemisferi, prikazan je na sl. 2.5.

Sa grafikona se vidi da je temperatura rasla do 1940. godine. Njen porast od oko 0,4°C je logičan, jer se taj period nastavlja na period kada se završilo malo ledeno doba. Od 1940. do 1980. godine, temperatura je opala za oko 0,3°C. Od 1980. do danas, merenja pokazuju, temperatura je nastavila da raste. U tom periodu su zastupljene i najtoplije godine u mnogim mestima od kada se vrše meteorološka merenja. Mnoge prognoze kazuju da bi taj trend porasta temperature trebalo da se nastavi i u prvoj polovini XXI veka.



Sl. 2.5. Grafikon promene prosečnih izmerenih temperatura na severnoj polulopti, u proteklih 150 godina.

2.2. Opšti uslovi u ranoj antici

2.2.1. *Paleolitsko doba*

Period rane antike traje od najstarijih vremena do sredine VI veka pre nove ere (p.n.e.). U tom ranom periodu, čovek je dugo bio uskraćen za prosto umeće klesanja kamena. Nakon što je njime ovladao, razvoj civilizacije je bio mnogo brži. U poznijem paleolitskom dobu (doba grubog obrađivanja kamena, koje traje do oko 8000. godine p.n.e.) čovek se bavi i umetnošću. Njegovi naslednici u neolitskom dobu (doba u kome su kamene zamenjene metalnim alatkama) bavili su se zemljoradnjom, osnovali su sela, a uskoro zatim i gradove i države. Pismo, koje se tada pojavilo, omogućilo je budućim generacijama da saznaju o životu tih starih civilizacija.

Prvi „istoričari" su sakupljali uspomene ili porodična i lokalna predanja. Tom nepresušnom izvoru, aktivnom do današnjih dana, potomci su mogli dodavati i istorijsku literaturu. Kod pravih istoričara mora postojati kritički duh koji ga tera da sumnja u usmena predanja, što ga primorava da traži izvorne zapise, kao što su oni na glinenim pločama, kamenu, kostima, papirusu ili pergamentu. Takvi zapisi su često imali vrednost zvaničnog dokumenta. U tom saznanju, arheologija doprinosi jako mnogo. Jer, bivalo je civilizacija bez ikakvih pisanih svedočanstava. Interes je da se rekonstruiše svaka epoha iz koje postoje bilo kakvi tragovi iskopavanja.

Obično se uzima da čovečanstvo počinje onda kad su ljudi započeli korišćenje oruđa. U tom smislu, poznato je da su pre 1 800 000 godina postojala živa bića u istočnoj Africi koja su svesno razbijala belutke da bi napravila oštricu. Nije, međutim, poznato da li se radilo o zinjantropu, čija zapremina lobanje nije bila veća od 530 cm^3 (prema 1100 – 1800 cm^3, kolika je zapremina lobanje današnjeg čoveka, ili je reč o homo habilisu (700 cm^3) koji je nešto bliži sadašnjem čoveku. Pre 500 000 godina živeo je Pitekantrop (majmun – čovek, 1000 cm^3) i koristio vatru i alatke od kamena za sečenje drva. Ova vrsta se nije zadovoljila da živi samo u tropskim, već i u hladnijim, severnim predelima.

Neandertalski čovek (između 100 000 i 35 000) predstavlja novi intelektualni napredak. Zapremina njegove lobanje dostiže čak 1450 cm^3. Neki predstavnici ove vrste sahranjivali su svoje mrtve. Ali, mnogi stručnjaci smatraju da čovečanstvo počinje tek sa savremenim čovekom, homo sapiensom. Njegovi tragovi su pouzdano nađeni od pre 35 000 godina. Ovaj čovek je usavršio obradu kamena, otkrio značaj kosti i pravio vrlo fino oruđe i sprave za lov. Tako usavršenim oruđem, lakše lovi divljač, pa se formiraju plemena. Rađa se prva umetnost – slike u pećinama i kipovi od gline i kamena. U magdalenskoj epohi (pre oko 15 000 – 8 000 godina) koja predstavlja vrhunac paleolitskog doba, prvi put se postiže stvarni kulturni napredak, na jugoistoku Evrope.

2.2.2. *Neolitsko (novo kameno) doba*

Ovo doba više pripada istoriji nego praistoriji. To je vreme koje karakteriše usvajanje novog načina života ljudi, zbog promene klime. Kao posledica otopljenja, koje nastaje u poslednjem međulednom periodu (počinje u Evropi, u IX milenijumu) završava se magdalenska kultura, zasnovana na lovu irvasa u tundrama jugoistočne Evrope. Nestankom livada, nestala su stada velikih biljoždera. Lovci su se morali razići i u manjim grupama lukom

loviti sitnu divljač. Gone irvase koji su izbegli u današnje arktičke stepe (na severnu stranu od Arktičkog kruga). Na jugu Sahare i u severnoj Kini, u savane pune divljači, doselili su se ljudi iz tropskih oblasti, naterani pojavom velikih baruština. Kada se divljač proredila, lovci sve više pribegavaju ubiranju plodova. Počinju da seju zrna i gaje uhvaćene mlade životinje. Stočarstvo i obrađivanje zemlje polako potiskuju lov, ribolov i sakupljanje plodova.

Bavljenje poljoprivredom dovodi do porasta stanovništva, jer se ono sada bolje hrani, a živi u stalnim boravištima. U prvim selima, od po nekoliko desetina stanovnika, dolazi do podele rada. Pronalaskom oruđa za duboko oranje, uvećavaju se prinosi navodnjavanjem ili zalivanjem. Tako se čovek duže vezuje za jedno mesto, pa počinje da gradi boravište od tvrdog materijala. Kasnije, zbog suve klime, stočarstvo biva unosnije od zemljoradnje. U I milenijumu p.n.e. javlja se nomadstvo i upotrebljava se konj za jahanje i vuču.

Najznačajniji pronalazak je upotreba metala. Čovek počinje da kuje komade prirodnog, čistog metala, da od zlata i srebra pravi nakit, a od bakra alatke. Radom ljudi nastanjenih na jednom mestu, nagomilava se bogatstvo koje privlači manje grupe ljudi koji još lutaju. To uslovljava sukobe i ratove.

Posle gašenja magdalenske kulture, pećinsko slikarstvo i dalje ostaje omiljeno jer ga prihvataju i nomadski pastiri. Prave se mali kipovi i ukrasne nadgrobne vaze. Javlja se, dakle, religija. Zemljoradnički život prati religija zasnovana na obožavanju prirodnih sila, naročito onih od koji zavisi blagostanje zemljoradnika.

Pismo su izmislili sveštenici da bi imali bolji uvid u porez koji su hramu plaćali zemljoradnici i zanatlije. Tada se javljaju prvi pisari koji su imali monopol na administraciju i nauku. Pismo je najpre sastavljeno od simboličkih crteža (piktograma) koje se ubrzo pretvara u ideograme (piktograme kojima se asocijacijom misli dodaju dopunska, apstraktna značenja). Jedna važna etapa u korišćenju pisma pređena je tada kada su pisari pojedinih naroda (oko 3000. g.p.n.e.) došli na ideju da ideogram upotrebe kao fonetski znak, tj. da predstave glas (obično glas prvog sloga imena nacrtane figure). Tim postupkom bi se, na primer, reč *kuna* napisala ovako: Nacrtale bi se četiri šape (ideogram četvoronošca) i dodao crtež kuće, kao fonetski znak za *ku*, te još crtež narukvice – fonetski znak za *na*. U II milenijumu p.n.e. stvara se slogovno pismo (jedan znak predstavlja jedan slog) a zatim glasovno (svaki znak, odnosno slovo, označava jedan glas).

Od III milenijuma p.n.e. tekstovi najnaprednijih civilizacija daju nam brojne podatke koji se, nažalost, ne mogu koristiti zbog nejedinstvenog hronološkog datovanja. Naime, u ranoj antici, protekla godina je najpre dobila ime po nekom značajnom događaju. Godine su se brojale stupanjem novog vladara na presto. Hronologija vrlo starih civilizacija, koje nisu znale za pismo, vrši se primenom teorije radioaktivnosti. Tako se dobijaju pouzdaniji zapisi nego za istorijsko doba. Za periode duboke prošlosti koristi se metod *protaktinijum – torijum* i *argon – kalijum*, a za kraj praistorije metod ugljenik 14 (C 14). Ovaj radioaktivni element nalazi se u svim živim bićima u konstantnoj srazmeri sa običnim ugljenikom. Posle njihove smrti, ugljenik 14 se raspada i njegova srazmera se stalno smanjuje, pa je moguće Gajgerovim brojačem utvrditi vreme smrti čoveka, životinje ili biljke od koje ostaci potiču.

2.2.3. *Civilizacija kamenog i bakarnog doba*

Ovo doba traje od IX do III milenijuma p.n.e. Tada se život ljudi odvijao u stalnim naseljima. Stvarane su kulturne razlike između pojedinih oblasti, pored ostalog, zavisno i od klimatskih uslova. Oblasti sa povoljnijom klimom i boljim zemljištem omogućavale su brži razvoj tehnike i društvenu organizaciju. U III milenijumu p.n.e. razvile su se tri takve civilizacije.

Bakarna oruđa i zemljoradnja pojavili su se prvo u dolinama Bliskog Istoka (od Grčke do Irana). Tamo je bilo veliko rudno bogatstvo i povoljan raspored količine padavina u toku cele godine. Kasnije, čovek je očistio i raskrčio velike močvarne oblasti Mesopotamije, Egipta i dolinu Inda. One postaju tri žiže civilizacije. Njihov uticaj se snažno širi i na okolne zemlje, Siriju, Iran, Afriku, Anadoliju i Grčku, na oblasti čiji je reljef iscepkan ili su suviše ugrožene sušom da bi se u njima stvorila država i kultura. U to doba iz primorja istočnog Sredozemlja, tehničke sprave se prenose u Evropu i evroazijske stepe. Zemlje Žute reke, Meksiko i Peru, međutim, stvaraju same svoju poljoprivredu.

Obimne kiše, koje se u oblasti Mesopotamije poklapaju sa izlaskom iz poslednjeg ledenog doba, učinile su zemljište oko Tigra i Eufrata nepristupačnim, zbog baruština. Stanovnici okolnih brdskih oblasti (Kurdistana, Zagrosa) bave se zemljoradnjom, keramikom i izradom predmeta od bakra. Klima koja postepeno postaje suvlja, omogućava da se naseljavaju i doline. Tu nastaju razlike između pojedinih oblasti. Brežuljci na severozapadu, (buduća Asirija) dosta su hladni i vlažni (tamo sada pada od 300 – 600 mm padavina godišnje). Na jugoistoku (zemlje Akada i Sumera) zbog žarkog sunca

i malo padavina (danas tamo pada oko 100 mm padavina) zemlja se mora navodnjavati, što omogućuje blizina dve reke. Ostali deo Mesopotamije se postepeno isušuje.

Prvi značajni napredak u razvoju nastaje od 3600 – 3000 g.p.n.e, sa civilizacijom Uruka. U niziji se javlja velika arhitektura. Pronalaze se lončarski vitlovi, valjkasti pečati i pismo. Ovaj napredak se pripisuje najezdi Sumera, koji su, izgleda, tvorci Mesopotamskog pisma. Stanovnici žive u gradovima iznad čijih se skromnih kuća uzdižu visoki hramovi. Očigledno da su ti hramovi Sumere podsećali na planine njihovog rodnog kraja, gde se susreću nebo i zemlja i gde silaze bogovi. Uruk je neko vreme bio metropola nizije.

Pronalazak pisma podstican je naročito značajem računanja. Prve dokaze o tome pružaju liste namirnica koje su upravnici Uruka primali i delili. Pisari koji se služe sa preko 2000 znakova (ideograma) zarezanom trskom pišu po svežoj glini, koju zatim peku ili suše na suncu da bi ostala postojana. Upotrebljavaju se valjkasti pečati kojim se svaki ugledni građanin mogao ovekovečiti. Pečati se uvode iz ekonomskih razloga. Na njima se nalazi otisak kakve male scene. Otisak pečata se stavljao na glineni čep suda za tečnost da bi se zagarantovala njegova nepovredivost. Kasnije su ga sastavljači ugovora otiskivali na ugovore.

Potom, slikari su se služili pismom sa znakovima daleko od primitivnog slikovnog pisma. Ono se naziva klinasto pismo (sačinjeno od klinova).

Iran, u čijim planinskim vencima se dugo zadržavala visoka vlažnost, bio je kolevka zemljoradnje. Plodna dolina Suzija je doživela napredak. Razvio se i veliki elamski grad Suza, zahvaljujući trgovini i navodnjavanju, i predstavlja sponu između gradske sumerske civilizacije i planinske kraljevine Elama. Tu se (oko 4000. g.p.n.e) upotrebljava protoelamitsko pismo. Ono je slično sumerskom i prevazilazi stepen slikovnog pisma. Oko 2250. godine p.n.e, zamenjeno je klinastim pismom.

Odvojena visokim planinama i još uvek pustim okeanom, Indija je kasnila u razvoju iza Bliskog Istoka. Civilizacija u dolini Inda nastaje oko 2400. godine p.n.e. Ljudi se bave gajenjem ječma, pšenice, pirinča i pamuka. Koriste i bronzu. Razvijaju se dva velika grada sa planom u obliku šahovske table i sistemom kanalizacije i isušivanja. Koristi se pismo kojim je zapisivano na kamenim i bakarnim pločicama. Do danas se to pismo nije razumelo. Bogatstvo velike doline dovelo je do stvaranja originalne civilizacije.

Na delu Afrike u kome su vršena iskopavanja (na severu i istoku) bila je ista civilizacija sve do kraja paleolita. Na tom kontinentu tada nema

pustinja, zbog obilnih padavina. Teren neispresecan planinama uslovljava da je svuda isto oruđe, iste slike na zidovima gde su stanovali. Ljudi su se bavili glačanjem kamena, keramikom, stočarstvom i zemljoradnjom. Suše u Sahari su bivale sve češće posle 3000. godine p.n.e. To je primoralo njene zemljoradnike da se rasele prema jugu i severu. U tom periodu, plodnost mulja oko Nila omogućava razvoj Egipta.

U IV milenijumu p.n.e. rađa se jedna opšta civilizacija koja nastaje zahvaljujući uspostavljenoj rečnoj plovidbi između sela. Plovidba se vršila pomoću čamaca izrađenih od papirusa. Pojavljuje se bakarno oruđe. Zanatlije proizvode lepe vaze od tvrdog kamena. Stvaraju se male kraljevine. Početak novog egipatskog napretka uslovljen je dolaskom Azijata, koji su iz Mesopotamije, oko 3300. godine p.n.e. doneli nove umetničke oblike. Tada su Egipćani pronašli hijeroglife. To je pismo koje je imalo izgled tačnog crteža, pomoću koga su uklesavani natpisi u kamenu.

O civilizaciji tih epoha saznaje se iz iskopina hramova i grobnica. Između 3100 – 2700. godine p.n.e, obrazovale su se poznate intelektualne i tehničke vrednosti koje je faraonski Egipat koristio tokom svoje istorije. Prilično tačne matematičke formule (pronađeno je da je $\pi = 3{,}1605$) nastaju za potrebe katastra i ahitekture. Sveštnici vrše osmatranja neba da bi znali u kom pravcu da okrenu spomenike i da bi utvrdili srećne dane i sate. Zahvaljujući njima, upotrebljavaju se dva kalendara. Jedan, Mesečev, za određivanje praznika i drugi, zvanični, Sunčev, sa 365 dana u godini. Za administrativne potrebe uvodi se kurzivno *hijeratičko* pismo, kao i materijal na kome se piše, *papirus*. Religioznom revnošću Egipćana mogu se objasniti ogromne dimenzije Keopsove i Kefrenove piramide (nastale 2550. godine p.n.e). Visine su im 145 i 143 m.

Od VIII do III milenijuma p.n.e, brz razvoj civilizacije dešava se i u Anadoliji, Kipru i Egejskim ostrvima. Kipar, ostrvo bakra, naselili su Anadolci i Sirijci, koje je privlačila njegova zemlja i šume. Oko 5700. godine p.n.e, razvila su se sela, ali je tehnički napredak vrlo spor. Bakarna ruda na ostrvu pronađena je tek sredinom III milenijuma. Krit, jedinstven u Egejskom moru po svojim šumama i plodnom zemljištu, privlači istočnjake. Tek u staro minojsko doba (nazvanom po Minosu, legendarnom kritskom kralju) od 2600 – 2200. godine p.n.e, stvara se originalna civilizacija. Velike porodice koje su se tada bavile pomorskom trgovinom, podižu *tolose* i prave elegantne predmete (pečenu keramiku, vaze od išaranog kamena i pečate od slonovače).

Na Helenskom poluostrvu, od Makedonije do Peloponeza, u VII milenijumu p.n.e. skoro svuda se pojavljuju sela čiji se graditelji služe prvo

pustinja, zbog obilnih padavina. Teren neispresecan planinama uslovljava da je svuda isto oruđe, iste slike na zidovima gde su stanovali. Ljudi su se bavili glačanjem kamena, keramikom, stočarstvom i zemljoradnjom. Suše u Sahari su bivale sve češće posle 3000. godine p.n.e. To je primoralo njene zemljoradnike da se rasele prema jugu i severu. U tom periodu, plodnost mulja oko Nila omogućava razvoj Egipta.

U IV milenijumu p.n.e. rađa se jedna opšta civilizacija koja nastaje zahvaljujući uspostavljenoj rečnoj plovidbi između sela. Plovidba se vršila pomoću čamaca izrađenih od papirusa. Pojavljuje se bakarno oruđe. Zanatlije proizvode lepe vaze od tvrdog kamena. Stvaraju se male kraljevine. Početak novog egipatskog napretka uslovljen je dolaskom Azijata, koji su iz Mesopotamije, oko 3300. godine p.n.e. doneli nove umetničke oblike. Tada su Egipćani pronašli hijeroglife. To je pismo koje je imalo izgled tačnog crteža, pomoću koga su uklesavani natpisi u kamenu.

O civilizaciji tih epoha saznaje se iz iskopina hramova i grobnica. Između 3100 – 2700. godine p.n.e, obrazovale su se poznate intelektualne i tehničke vrednosti koje je faraonski Egipat koristio tokom svoje istorije. Prilično tačne matematičke formule (pronađeno je da je $\pi = 3{,}1605$) nastaju za potrebe katastra i ahitekture. Sveštnici vrše osmatranja neba da bi znali u kom pravcu da okrenu spomenike i da bi utvrdili srećne dane i sate. Zahvaljujući njima, upotrebljavaju se dva kalendara. Jedan, Mesečev, za određivanje praznika i drugi, zvanični, Sunčev, sa 365 dana u godini. Za administrativne potrebe uvodi se kurzivno *hijeratičko* pismo, kao i materijal na kome se piše, *papirus*. Religioznom revnošću Egipćana mogu se objasniti ogromne dimenzije Keopsove i Kefrenove piramide (nastale 2550. godine p.n.e). Visine su im 145 i 143 m.

Od VIII do III milenijuma p.n.e, brz razvoj civilizacije dešava se i u Anadoliji, Kipru i Egejskim ostrvima. Kipar, ostrvo bakra, naselili su Anadolci i Sirijci, koje je privlačila njegova zemlja i šume. Oko 5700. godine p.n.e, razvila su se sela, ali je tehnički napredak vrlo spor. Bakarna ruda na ostrvu pronađena je tek sredinom III milenijuma. Krit, jedinstven u Egejskom moru po svojim šumama i plodnom zemljištu, privlači istočnjake. Tek u staro minojsko doba (nazvanom po Minosu, legendarnom kritskom kralju) od 2600 – 2200. godine p.n.e, stvara se originalna civilizacija. Velike porodice koje su se tada bavile pomorskom trgovinom, podižu *tolose* i prave elegantne predmete (pečenu keramiku, vaze od išaranog kamena i pečate od slonovače).

Na Helenskom poluostrvu, od Makedonije do Peloponeza, u VII milenijumu p.n.e. skoro svuda se pojavljuju sela čiji se graditelji služe prvo

oblepljenim pleterom, a zatim nabojem i ciglama. Kulturni razvoj naročito je izražen od 2500 – 2000 godine p.n.e. Širi se upotreba bakra, podižu se gradovi.

Male grupe seljaka iz Makedonije ili Anadolije, dopiru do današnje mađarske granice. Tu nalaze plodnu crnicu koja je nastala raspadanjem stepskih trava. Na severu Balkanskog poluostrva oni stvaraju starčevačku civilizaciju (od 5400 – 4200. godine p.n.e.) kao i prvu podunavsku civilizaciju (od kojih potiče poznati ukrasni motiv sa meandrima i spiralama). Njihov uticaj se oseća čak i u ukrajinskim stepama i Italiji.

2.2.4. Bronzano doba

To je doba između 2300 – 1200. godine p.n.e. Ovo vreme karakterišu razne seobe. Stari centri civilizacije su time trajno pogođeni. Mesopotamija postaje lak plen za osvajače. Egipat, pošto je prirodno bolje zaštićen, odbija azijske varvare i ponovo postiže svoje tradicionalno blagostanje. Egejski svet, u kome premoć imaju Krićani, a zatim Mikenci, predstavlja sponu između istočnih kraljeva i ratobornih evropskih plemena. Ova plemena, kao žrtve raznih klimatskih neprilika, i pod pritiskom stepskih stanovnika, završavaju svoje seobe osvajanjem Bliskog Istoka. Na Dalekom Istoku jedino kineska civilizacija brzo napreduje.

Seobe su dobro poznate samo na istoku, o čemu nas obaveštavaju pisani spomenici. Na drugim mestima to su bezimeni varvari o kojima ostaju samo tragovi pepela, čime se završava njihov kulturni čin.

U gradovima Mesopotamije od XX do XVII veka p.n.e. pojavljuju se dinastije koje većinom vode poreklo od nepismenih Semita. Sumerski narod, koji je već počeo da iščezava, preplavljen stalnim prilivom Semita, najzad se stopio sa njima. Ipak, u tom dobu nauka napreduje. Akadske tablice pokazuju da su Semiti, kao učenici Sumera, imali više naučnog duha nego što se obično pripisuje stnovnicima starog Istoka. Pisari XVII veka p.n.e. koriste se Euklidovim postulatom i Pitagorinom teoremom, i umeju da izračunaju strane pravougaonika ako im je poznata njegova površina i dijagonala. Napredak Mesopotamaca u geometriji i astronomiji, objašnjava se pronalaskom pozicione vrednosti brojeva, do koga su došli Sumeri.

Iz tog perioda naročito je poznato delo Hamurabija Vavilonskog (1723 – 1680. godine p.n.e). Ostavivši mesopotamske džave da se iscrpljuju međusobnim ratovima, Hamurabi posle nekoliko odlučnih bitaka nameće

oblepljenim pleterom, a zatim nabojem i ciglama. Kulturni razvoj naročito je izražen od 2500 – 2000 godine p.n.e. Širi se upotreba bakra, podižu se gradovi.

Male grupe seljaka iz Makedonije ili Anadolije, dopiru do današnje mađarske granice. Tu nalaze plodnu crnicu koja je nastala raspadanjem stepskih trava. Na severu Balkanskog poluostrva oni stvaraju starčevačku civilizaciju (od 5400 – 4200. godine p.n.e.) kao i prvu podunavsku civilizaciju (od kojih potiče poznati ukrasni motiv sa meandrima i spiralama). Njihov uticaj se oseća čak i u ukrajinskim stepama i Italiji.

2.2.4. *Bronzano doba*

To je doba između 2300 – 1200. godine p.n.e. Ovo vreme karakterišu razne seobe. Stari centri civilizacije su time trajno pogođeni. Mesopotamija postaje lak plen za osvajače. Egipat, pošto je prirodno bolje zaštićen, odbija azijske varvare i ponovo postiže svoje tradicionalno blagostanje. Egejski svet, u kome premoć imaju Krićani, a zatim Mikenci, predstavlja sponu između istočnih kraljeva i ratobornih evropskih plemena. Ova plemena, kao žrtve raznih klimatskih neprilika, i pod pritiskom stepskih stanovnika, završavaju svoje seobe osvajanjem Bliskog Istoka. Na Dalekom Istoku jedino kineska civilizacija brzo napreduje.

Seobe su dobro poznate samo na istoku, o čemu nas obaveštavaju pisani spomenici. Na drugim mestima to su bezimeni varvari o kojima ostaju samo tragovi pepela, čime se završava njihov kulturni čin.

U gradovima Mesopotamije od XX do XVII veka p.n.e. pojavljuju se dinastije koje većinom vode poreklo od nepismenih Semita. Sumerski narod, koji je već počeo da iščezava, preplavljen stalnim prilivom Semita, najzad se stopio sa njima. Ipak, u tom dobu nauka napreduje. Akadske tablice pokazuju da su Semiti, kao učenici Sumera, imali više naučnog duha nego što se obično pripisuje stnovnicima starog Istoka. Pisari XVII veka p.n.e. koriste se Euklidovim postulatom i Pitagorinom teoremom, i umeju da izračunaju strane pravougaonika ako im je poznata njegova površina i dijagonala. Napredak Mesopotamaca u geometriji i astronomiji, objašnjava se pronalaskom pozicione vrednosti brojeva, do koga su došli Sumeri.

Iz tog perioda naročito je poznato delo Hamurabija Vavilonskog (1723 – 1680. godine p.n.e). Ostavivši mesopotamske džave da se iscrpljuju međusobnim ratovima, Hamurabi posle nekoliko odlučnih bitaka nameće

svoju vlast svim gradovima velike ravnice. Kao dobar administrator, on uspeva da spoji gradove Sumera i Akada u ujedinjenu državu, Vaviloniju. Od tada, njegova prestonica, vavilonski jezik (kao lokalni oblik akadskog jezika) i njegovi bogovi, nemaju konkurencije. Od svih dela velikog kralja najviše se pamti njegov *Zakonik*, koji je u stvari zbirka presuda. Čuveni tekst, napisan jasnim jezikom, prevazilazi sumerske zakone. Kralj ne može više da se zadovolji traženjem globe od krivca. On primenjuje strašnu kaznu po sistemu oko za oko, zub za zub.

U Anadoliji, polovinom II milenijuma p.n.e. postojale su palate koje su značajne po tome što su imale uređaje za zagrevanje toplim vazduhom, kao i po zidnim ukrasima. Nađeni su bronzani predmeti, lepa keramika, a, naročito značajno, na hiljade komada čuvenih kapadokijskih pločica. Pisci ovih tekstova su mesopotamski trgovci iz XIX i XVIII veka p.n.e. koji su iz Mesopotamije uvozili tkaninu i kalaj, a slali u svoju zemlju iz Anadolije zlato, srebro, bakar i olovo.

Oko 2200. godine p.n.e. kritska civilizacija doživljava nagli uspon. Na bogatim poljima u sredini ostrva razvijaju se gradovi, širi se bronzana metalurgija, kritski trgovci prodaju pečate, nakit i keramiku. Oko 2000. pojavljuje se palate u Knososu (stara minoska kultura) koje su zidane na prepoznatljiv način, sa kiparskim stubovima čija je osnova šira od vrha. U dućanima su se nalazili ogromni krčazi a u arhivama glinene tablice sušene na suncu. Naseljena mesta na Kritu oko 1700. godine su porušena (verovatno od zemljotresa) ali su palate vrlo brzo obnavljane.

2.2.5. *Starije gvozdeno doba*

Ovaj period traje od XII do VI veka p.n.e. Gvožđe, novi metal, se širi usled strašne najezde naroda sa mora. Egipat je uspeo da ih zaustavi, ali se nikada nije oporavio od toga. Od X do VIII veka p.n.e. na prvo mesto izbijaju Izrailjci koji su stvorili moralni zakon i Feničani koji šire azbuku svoje zemlje. Zatim nastaje doba ratničkih imperija (od VIII do IV veka p.n.e.): asirske, vavilonske i persijske. Helensko poluostrvo polako stvara svoju grčku kulturu koja prevazilazi istočne uzore. Feničani i Grci naseljavaju zapadne obale Sredozemnog mora i povoljno utiču na napredak Evrope. Tako i Italsko poluostrvo dobija na značaju. Jevreji, u doba njihove seobe, nazivani su „narod Biblije". Kasnije, kada je postojala njihova država, (XI do VI vek p.n.e.) zvali su se Izrailjci po patrijarhu Jakovu Izrailju (koji se bori s bogom). Najzad, kad je centar postala Judeja (zemlja Judinog plemena) oni se

nazivaju Judeji. Oni nisu ostavili mnogo arheoloških tragova. Mesto u istoriji su zauzeli po svetoj knjizi Bibliji (od grčke reči *biblos*, što znači knjiga). Tom reči se naziva samo Stari zavet. Ovo delo pokazuje mentalitet i kulturu Bliskog Istoka. U njemu je izražena religiozna misao koja se bitno razlikuje od ostalih vera toga vremena. Jahve, bog Jevreja, nema božansku suprugu. Njega čovek ne može magijama naterati da nešto uradi. Sreća koju je on obećao svom narodu biće večna.

Vrednost Biblije kao dokumenta, zavisi od okolnosti pod kojim je pisana. Knjiga je rekonstrukcija prošlosti sa određenim ciljem. Stari zavet je sastavljan polako, od X do II veka p.n.e. Njegovi pisci su se koristili najrazličitijim dokumentima, usmenim (porodična predanja, epske pesme, zakoni, sudske odluke) i pisanim (hronike, službena akta, obredne knjige, dela starih pisaca) Pošto su te izvore prethodno očistili, pisci Biblije su ih spojili u jedno delo, s namerom da u njemu izrailjskom narodu daju teološki, moralni, politički i društveni osnov. Biblija je dragocena po tome što nam otkriva materijalni i duhovni život jevrejskog naroda. U njoj se mešaju književni rodovi (uzeti iz mesopotamskog mita), epopeje i istorija. Knjiga izlaže istorijske događaje samo u poučnom obliku.

Prva knjiga Biblije je *Postanje*. Ona počinje pričanjima (stvaranje sveta, greh, prvi ljudi, potop) koja čine osnov izrailjske teologije. Zatim se govori o Avramu, pastirskom vođi iz Ura, koji će se sa svojim plemenom nastaniti u Palestini. Potom Biblija priča o životu Isaka i Jakova, Avramovog sina i unuka. Josif, jedan od Jakovljevih sinova, postaje faraonov najviši doglavnik i dovodi pleme svoga oca u Egipat.

Prema *Izlasku*, drugoj knjizi Biblije, Jevreji su ostali 400 godina u Egiptu. Pri kraju tog doba faraon počinje goniti sve strance. Jedan od njih, Mojsije, povlači se u pustinju, gde doživljava otkrovenje. U „nesagorivoj kupini" izgnanik prepoznaje boga svojih otaca i pita ga za ime. Dobija odgovor „Ja sam" (Jahve). Mojsije tada dobija dužnost da prenese faraonu božju naredbu da pusti Jevreje da izađu iz Egipta. Pošto je faraon to odbio, na dolinu Nila naišlo je deset kazni. To ga je ipak nateralo da popusti i Jevreji su napustili Egipat. Kada se faraon predomislio, počeo je da ih goni sve do Crvenog mora. More se razdvojilo i Jevreji ga prelaze pešice, a zatim se talasi mora spajaju i prekrivaju egipatsku vojsku. Posle svog oslobođenja (kraj VIII veka p.n.e.) oni provode četrdeset godina u pustinji koja odvaja Palestinu i Egipat. Događaji iz tog perioda napisani su u knjizi *Izlazak*. Mojsije je prikazan kao izvanredna ličnost, vođa naroda i duboki mislilac.

2.2.6. *Svet u doba grčke civilizacije*

Od sredine VI do kraja III veka p.n.e. civilizovani svet se prostire od Herkulovih stubova do Kine. Odnosi među državama koje zauzima su labavi. Persijanci u kontinentalnim oblastima uspevaju da obrazuju relativno ujedinjeno carstvo. Oni su u dodiru sa grčkim svetom, koji se vekovima skoncentrisao oko Sredozemnog mora. Na istoku Grci dopiru sve do Indije. Na zapadu, grčki, feničanski i etrurski primorski gradovi se bore sa keltskim plemenima.

U vreme kada se Grčka sukobljava sa Persijancima, grčka kultura dostiže procvat. Pojavljuju se prvi filozofski sistemi. Odvajajući se postepeno od religije, njihovi tvorci se okreću materiji i istražuju osnovne elemente koji se kriju iza pojavnog, prividnog. Time značajno doprinose napretku na polju saznanja. Takvi su Tales iz Mileta i njegovi učenici Anaksimander i Anaksimen. Heraklit izgrađuje sopstveno učenje o merilima i postojanju sveta, dok Pitagora sa Samosa osniva školu u Krotonu. Dva velika žarišta kulture su Jonija i Atina. Hramovi se grade u kamenu, na osnovu dva stila: *dorski* stil, veoma geometrijski oblikovan i *jonski*, manje strog i elegantniji.

U periodu od trideset godina (457 – 429. g.p.n.e.) Perikle dominira životom Atine. On postaje simbol njenog procvata, tzv. *Perikleovo doba*. Od svoga učitelja Anaksagore, dobija svestrano racionalističko obrazovanje. Ovaj znameniti govornik ume da se nametne narodu svojom čestitošću i prostim iznošenjem argumenata.

No, i Grčka biva rastrzana međusobnim ratom. Atinu, pored ratova, pogađa epidemija kuge, koja odnosi na hiljade ljudi, među kojima i Periklea (429. godine p.n.e.).

U isto vreme, u Kini je aktuelan Konfučijev filozofski sistem. Njime se ističu dva pojma: pravičnost (*ji*) i altruizam (*jen*) a znače poštovanje sebe samoga i drugih — čisto društvene vrline. Konfučijev ideal je čestit čovek. Kao i Sokrat u Grčkoj, Konfučije uči čoveka da upozna samoga sebe, kako bi mogao da se usavrši. Kao i grčka misao, Konfučijeva mudrost i humanizam učinili su da kineska kultura odigra istu ulogu u Aziji kakvu je imao helenizam u mediteranskom i zapadnom svetu.

2.2.7. Svet u doba rimske civilizacije

Ovaj period obuhvata kraj III veka p.n.e. do kraja IV veka n.e. Počinje velikom pobedom nad Kartaginom, 201. godine p.n.e. Od tada Rim zauzima svet Sredozemlja i istovremeno podleže duhovnoj premoći helenizma. Tako nastaje rimska civilizacija koja zrači prostorima od Herkulovih stubova do granica Mesopotamije. Na Dalekom Istoku, kineska civilizacija, zahvaljujući moćnoj dinastiji Han, ima isti ugled i širi se pod sličnim uslovima.

Ovaj period je zanimljiv po tome što je došlo do osnivanja dve velike zajednice, pri čemu svaka postiže puno jedinstvo, kako u političkom, tako i u društvenom i ekonomskom pogledu. Pri tome se uočavaju dve faze. Prva je ispunjenja naporima za ujedinjenjem, osvajanjima i organizvanjem, i to, kako na Dalekom Istoku, tako i na Zapadu. U drugoj fazi tadašnji ljudi su mogli verovati da su ostvarili jedinstvo sveta i da su dočekali zlatni period. To je doba *pah romena* ili rimskog mira, odnosno, *pah sinica* ili kineskog mira. Ono je u sećanju ljudi ostalo kao izuzetno srećno zbog dugotrajnog petovekovnog rimskog mira, zbog opšte stabilnosti, moći i kulturnog značaja obeju ovih imperija.

U Rimu se književnost i umetnost razvijaju zahvaljujući zaštitnicima, među kojima je najpoznatiji bio Mecena (oko 69 – 8. godine p.n.e.). Neguje se i retorika koja dostiže vrhunac sa Plinijem Mlađim (I vek n.e.). I filozofija, od Seneke do Marka Aurelija, ima nekoliko slavnih imena.

Glava

3 ZNAČAJNI PERIODI RAZVOJA NAUKE

3.1. Počeci nauke

U prvoj glavi videli smo kako je došlo do civilizacije, a u drugoj glavi su opisani opšti uslovi u kojima se razvijala civilizacija. Sada će se ukratko prikazati opšta naučna dostignuća u različitim istorijskim razdobljima, koja su omogućila i razvoj meteorologije. Počeće se sa najstarijom epohom, smeštenoj između 5000 – 600. godine p.n.e.

Oživljavanje dešavanja u toj dalekoj prošlosti ne može biti precizno i sveobuhvatno. Jer, potpuna istina je prekrivena maglom prošlosti. Ona se danas delimično može raščistiti pojedinim metodama nauke. Ali, uvek ostaje skriveno puno detalja iz života ljudi pod gustim pramenovima davnine. Ne zna se ko je pvi predložio da se živi u pećinama iz čijih su otvora posmatrali olujne vetrove, maglu i oblake. Ne zna se ni ko je prvi uvideo da se pećina može zagrejati vatrom dobijenom trenjem kamena o kamen. Sigurno je da ti ljudi nisu uočili pravilnost u smeni toplijih i hladnijih delova godine, već bi svaki put kad naiđe zahlađenje bili iznenađeni i prizivali sunce da se vrati i da ih ponovo dobro greje.

Pored mnogo toga što ne znamo, ipak nije sve beznadežno izgubljeno u magli prošlosti. Pred današnjim istraživačima nalaze se alatke i oružja koji su od prvobitnih ljudi ostali po pećinama, podovima svojih koliba ili u grobnicama zakopani uz svoje mrtve. Tu su egipatske piramide i njihove grobnice. Prepune su crtežima, stvarima iz domaćinstava nađenih i u razvalinama starih gradova Ura, Suze i Knososa. Zahvaljujući tome, arheolozi su uspeli da rekonstruišu ponešto iz života tih prastarih naroda. Tim metodama arheolozi su našli da je nauka već tada imala svoju primenu, iako je bila vrlo prosta.

Civilizacije koje su postojale u V i IV milenijumu p.n.e. oko reka Tigra, Eufrata i Nila, prve su pokazale interesovanje za nauku. Ljudi su tada bili u neolitskom ili mlađem kamenom dobu. Kasnije su uočili da su alatke od bakra suviše mekane, pa su dodavanjem kalaja dobili čvršću leguru i od nje pravili alatke i oružje.

U to doba ljudi su pravili divne kipove, grnčariju i nakit. To pokazuje da je umetnost prethodila pravoj nauci. Sumerićani, narod koji je živeo u Mesopotamiji, slobodno se može reći da su stvorili kolevku ljudske civilizacije. Poznavali su mnoge građevinske veštine. To se vidi po velelepnim hramovima koje su izgradili, kao i po izuzetno uređenom sistemu za navodnjavanje donje Mesopotamije. Njihove zanatlije su upotrebljavale grnčarski točak za izradu fine grnčarije, ukrašene sjajnom crnom bojom načinjenom od smeđeg hematita mešanog sa nekom alkalnom soli i kalijumom. U grobnicama Ura koje su građene oko 3500. godine p.n.e. nađena su prava umetnička blaga vrhunske izrade, od zlata, srebra, bakra i sedefa.

I u Egipat je stigao sumerićanski uticaj. Tamo je dostignut visok stepen civilizacije. To se vidi po tome što su koristili naučne metode za određivanje dužine astronomske godine. Oni su uzimali da njihova građanska godina traje 365 dana (12 meseci po 30 dana, i na to su dodavali još onih 5 svetih, ili „nebeskih" dana). Astronomska godina, vreme za koje Zemlja obiđe oko Sunca, ima nešto više od 365 dana. Ove dve godine nisu mogle ići tačno ukorak, pa su mnogi prirodni događaji, kao plavljenje Nila, stalno pomerani u građanskom kalendaru. Poplave se nisu ponavljale u jednakim vremenskim razmacima da bi to poslužilo kao tačna mera astronomske godine. Morali su da pronađu neki tačniji „merač" vremena.

Njihova posmatranja su pokazala da zvezda Sirijus izlazi (bude vidljiva na istoku) ranije za jedan dan na svake četiri građanske godine. Tako su utvrdili da astronomska godina traje 365, 25 dana, i da će se, tako, izlazak Sirijusa desiti na istom mestu građanskog kalendara posle 1461 godinu. Ovaj period vremena oni su nazvali „Sirijusov krug". Egipćani su verovatno

otpočeli svoj kalendar onim krugom čiji početak pada oko 4240. godine p.n.e. Oni su, dakle, tako došli do tačnog saznanja o dužini godine, naučnim osmatranjem.

Egipćanske zanatlije su oko 3400. godine p.n.e. izrađivale divne stvari od zlata, bakra, alabastera i slonovače. Znali su da naprave i dekorativnu gleđ zagrevanjem peska sa kalijumom i natrijumom, uz dodatak nekih oksida metala. Takođe su gleđ bojili u plavo, dodajući smeši neke soli bakra. Ova dostignuća su realizoali zanatlije, ali nema sumnje da bi prvi čovek koji je došao do ovih saznanja mogao da se nazove pravim naučnikom i po današnjim standardima.

Egipćani su već tada koristili pisaći pribor (pero, mastilo i hartiju). Imali su svoju azbuku i određeni brojni sistem. Sve ovo im je omogućavalo da zapišu neka najznačajnija dešavanja, kao što su poplave reke Nila, od čega im je zavisio život. Uz sva dostignuća Egipćana, i ovde valja napomenuti monumentalne piramide kod Gize. Savršena geometrija građevine i elemenata kamena od kojih je izgrađena i danas predstavlja zagonetku, kao i tačnost usmerenja strana osnove piramide (pravac sever – jug i istok – zapad).

Uz Egipat, iz ovog drevnog perioda pominjemo i Kinu. Kinezi su od 2296. godine p.n.e. vodili evidenciju o pojavi kometa. U čuvenoj zbirci dokumenata iz toga doba, Šu Čang, zabeleženo je da je car Jao naredio da se redovno zapisuju datumi najdužih i najkraćih dana i ravnodnevica. Još u to doba znali su da predskažu pojavu pomračenja Sunca. To se može zaključiti iz spisa u kojima su dvojica astronoma očajni jer su propustili da predvide pomračenje: „Slepi svirač je lupao u doboš, mandarini su pojahali konje, a narod se skupio u gomile. Pa i u tom času, Hi i Ho, kao drvene lutke, nisu videli ništa, nisu čuli ništa i svojim nehatom da osmotre i proračunaju kretanje zvezda navukli su na sebe smrtnu kaznu". Na ovu groznu surovost trebalo bi gledati i kao na trajnu poruku svim sadašnjim i budućim generacijama, svih struka, da moraju imati nepobedivi nagon tačnog i preciznog izučavanja svoje oblasti. Kao što ćemo videti u kasnijem izlaganju, bilo je i meteorologa koji su sami sebi oduzeli život, nezadovoljni tačnošću sopstvene prognoze vremena.

Tačan razvoj nauke u onom drevnom periodu, nije dovoljno poznat. Međutim, zbog toga ne bi trebalo očajavati, jer je ionako u pitanju period „sejanja semena nauke". Za praktičare su mnogo značajniji plodovi koji su iz tog semena izrasli. U tom smislu, razvoj nauke pratimo tek negde oko VI veka p.n.e. On je započeo u Jonskoj Grčkoj, onom razuđenom priobalju najzapadnije Male Azije. Odatle se nauka širila po kontinentalnoj Grčkoj i, kasnije, po ostaloj Evropi.

Istočno od grčke civilizacije, koja je tada bila nova, bujale su zrele civilizacije Kine, Indije, Persije, Mesopotamije, Fenikije, Krita i Egipta. Zapadno su se nalazile varvarske zemlje „iza kojih je zalazilo sunce“. Saznanja su poticala od starih civilizacija sa istoka i prenosila se na zapad. Ovaj prenos je bio pospešen trgovinom (naročito brodovima u priobalju Mediterana) a vršio se povremenim brzim kolonizovanjem ili ratnim osvajanjima. Kina i Indija su dali svoj doprinos zapadnoj nauci samo posredno, preko Bliskog Istoka. Zato će se u daljem izlaganju ukratko dotaći naučna dostignuća tih civilizacija, prvenstveno Mesopotamije (ili Vavilona, kako se kasnije naziva), Egipta i Fenikije. Objasnićemo njihov doprinos koji se desio pre VI veka p.n.e.

3.1.1. *Nauka u Vavilonu*

Najveće naučno dostignuće u Vavailonu bio je brojni sistem i način računanja. Upotrebljavan je prost decimalni sistem. Valjda je to najprirodniji sistem. Jer, ljudi se rađaju sa deset prstiju, pa zato upotrebljavaju ovaj broj da bi razbrajali i sve drugo. Da su imali 12 prstiju, sigurno bi upotrebljavali neki „dvanaestni“ sistem umesto dekadnog. Umesto današnjih arapskih cifara, 0, 1, 2... 9, Vavilonci su upotrebljavali samo dva simbola. Klinasti zarez (kosa crta) / je označavao jedinicu, a simbol < je označavao deseticu. Vavilonci su koristili i šezdesetni sistem, sa takvim obeležavanjem u kome je vrednost neke cifre zavisila od mesta u napisanom broju. Oni nisu direktno preneli svoj sistem na Evropu, ali od njih vodi poreklo decimalni arapski sistem, koji se danas koristi u celom svetu, a prenet je preko Arapa.

Vavilonci su imali i svoje jedinice. Tako, za merenje dužine, upotrebljavali su milju (koja je predstavljala dužinu od 180 užadi) a svako uže se sastojalo od 120 lakata. Takođe su delili krug na 360°. Nešto kasnije, oni su nacrtlai Zodijak, tj. putanju po kojoj Sunce, Mesec i zvezde, prividno putuju preko neba. Nju su podelili na 12 jednakih delova, tako da se Sunce svakog meseca prividno kreće kroz jedan od ovih delova. Njih su podelili na daljih 30 delova. Svaki ovakav deo Sunce pređe za jedan dan, pa je tako ceo krug podeljen na 360 jednakih jedinica.

Negde oko 3000. godine p.n.e. sveštenici Vavilona su beležili tačno kretanje zvezda, naročito Danice (Venere). Već u VII veku p.n.e. ova kretanja su praćena na čitavoj organizovanoj mreži zvezdara. Izveštaji su slani vladaru koji je o tome vodio računa. U VI veku p.n.e. Vavilonci su mogli da predvide pomračenja. Poznavali su i monge druge astronomske činjenice u vezi sa kretanjem Sunca, Meseca i zvezda. Znajući da dobro predviđaju, ti su se poznavaoci u celom starom svetu nametnuli kao izvanredni prognozeri ljudskih sudbina. Dakle, u Vavilonu je uz „majku astronomiju“ cvetala „ružna ćerka astrologija“. Zahvaljujući zaradi od astrologije, mogla je da se razvija i astronomija. Velikoj popularnosti astrologije doprineli su sveštenici iz bratstva astrologa, koji su propovedali da kretanje nebeskih tela ima uticaja na ljude i njihove poslove.

Iz tablica koje potiču iz 1700. godine p.n.e. vidi se da je u Vavilonu izvanredno poznavana geometrija. Znali su za pravilo koje su, mnogo kasnije, u VI veku p.n.e, ponovo pronašli Grci i nazvali ga Pitagorina teorema. Stari Grci su bili veliki znalci geometrije, ali su Vavilonci bili ispred njih za više od hiljadu godina. Takođe se iz tablica moglo zaključiti da su Vavilonci poznavali i aritmetiku. Rešavali su kvadratne jednačine, stepenovali brojeve, obračunavali interesne stope (koje su, čudne li podudarnosti, i tada bile 20% kao u današnje vreme u Srbiji).

3.1.2. *Nauka u Egiptu*

Egipat i Vavilon su međusobno intenzivno trgovali, što je imalo za posledicu i kulturnu razmenu, Egipćani su koristili dekadni sistem za cele brojeve. Potpuno slično Vaviloncima, jedinice su označavali uspravnom crtom (|) i desetice lučnim znakom (∩). Množenje su vršili na način sličan kako je do nedavno rađeno u Rusiji. Prvo se udvostruči množenik, zatim se dobijeni broj udvostruči i tako se nastavlja dok se ne dobije tablica u kojoj je dvostruki, četvorostruki, osmostruki, ..., množenik. Odatle su vadili potrebne iznose da dobiju traženi rezultat.

Egipatska geometrija je ispred Vavilonske. Na to ih je terala potreba da svake godine nanovo vrše obeležavanje imanja posle poplave Nila. Tzv. Rindov papirus (nalazi se u Britanskom muzeju u Londonu i prepis je mnogo starijih papirusa — više vekova pre 1650. godine p.n.e.) sadrži puno pravila za premeravanje i teorijskih pojmova iz geometrije. Imali su obrasce za računanje zapremine komplikovanih tela, poput zarubljene kupe, površine polulopte, itd. Količnik između obima kruga i njegovog prečnika (broj π) su uzimali sa vrednošću 256/81.

Poznavali su dobro i medicinu. U Ebersovom papirusu (oko 1600. godine p.n.e.) postoji rasprava o spremanju lekova, a u drugim o medicini i hirurgiji.

3.1.3. Nauka u Fenikiji

Fenikija se nalazila u priobalnom pojasu istočnog Sredozemlja (oblast gde se danas nalazi Liban i severni deo Izraela). Sam položaj upućuje da su se Feničani bavili moreplovstvom. Da bi plovili po otvorenom moru, morali su poznavati položaj zvezda radi orijentacije. Bili su trgovačka sila, a trgovati se nije moglo bez dobrog vladanja brojevima. Nažalost, pisanih dokumenata o njihovom naučnom dostignuću, nema. Ali ima dokaza da je Tales u VI veku p.n.e. savetovao Grcima da usvoje feničanski način određivanja severa pomoću sazvežđa Mali Medved. Smatra se da su dva najveća naučnika stare Grčke, Tales i Pitagora, kao i geometar Euklid i filozof Zenon, feničanskog porekla. Ima mnogo onih koji sumnjaju u ovakve tvrdnje.

3.1.4. Nauka u staroj Grčkoj

Nauka u Vavilonu i Egiptu bila je deo tradicije u rukama sveštenika, koja se prenosila sa kolena na koleno po crkvama. Za razliku od takve nauke, nauka u Grčkoj je bila u rukama svetovnih lica. Oni su, zahvaljujući izraženoj znatiželji, pokušavali da shvate i objasne pojave oko sebe. Takvo shvatanje ukorenilo se u maloj Grčkoj, kao novijoj civilizaciji.

Prva slika o grčkoj civilizaciji saglediva je u Homerovim spevovima. Oni su dobili sadašnji oblik negde u IX veku p.n.e, ali opisuju civilizaciju još dva veka ranije. Odatle se vidi da su Grci bili puni vatre i poleta. Ne zna se kako su tačno nastali kao narod. Misli se da su postali mešavinom novih zavojevača, koje Homer naziva Ahajcima i starosedelaca, negde oko 1400. godine p.n.e. Naučnici nalaze sličnosti takve grčke civilizacije sa ranijom minojskom, koja se razvijala u gradu Knososu, na ostrvu Kritu od oko 3500 – 1500. godine p.n.e.

U VI veku p.n.e. može se reći da se javlja izraziti grčki naučni identitet. Tada se, kako piše Herodot, „grčki narod izdvojio od varvara snažnijom inteligencijom, oslobodivši se od glupih besmislica". To se najpre desilo u Joniji, odnosno, njenom najvećem gradu, Miletu. Po sadašnjim merilima — taj maleni grad, od jedva 10 000 stanovnika, uspeo je da zauzme više od 60 gradova – kolonija, na obalama Sredozemnog mora. U to doba, Milet je postao središte grčke kulture i kroz njega su prolazila sva znanja, od istoka prema zapadu.

3.2. Nauka u Joniji i ranoj Grčkoj

Ovde će se ukratko prikazati grčka nauka za vreme intelektualne Grčke, koja obuhvata period od 600 – 320. godine p.n.e. Tu spada vreme prvih dodira Jonske Grčke sa istočnim naukama i završava se smrću Aristotela (332. godine p.n.e.), opštim slabljenjem nauke i osnivanjem grada Aleksandrije i njegovog univerziteta (323. godine p.n.e.).

U to doba, Grci nisu raspolagali nekom složenijom opremom, laboratorijama ili opservatorijama. Zato se kod njih razvijala nauka koja je zavisila samo od njihove individualne misaone snage, potpomognute pažljivim osmatranjem prirode. A njihovo razmišljanje je bilo takvo da prevazilazi sve do sada poznate mislioce. Zato se tada naročito razvila matematika i meteorologija, koju je Aristotel, sa svoje četiri knjige o njoj, uveo u sami centar malobrojnih dobro razvijenih nauka.

Prikaz nauke toga doba, najbolje se može sagledati kroz život i dela pojedinih najvećih mislilaca. Počećemo prvim i najvećim među njima, Talesom.

3.2.1. Tales (640 – 546. godina p.n.e.)

Bio je zaista intelektualni div. Rodio se u gradu Miletu. Njegovi talenti su bili mnogobrojni i raznoliki. Može se reći da je bio državnik, matematičar, filozof, uspešni poslovni čovek i prvi uspešni sezonski prognostičar vremena.

Slično mnogim velikim misliocima, i za njega se govorilo da je zanesenjak. Tako je Platon zapisao priču prema kojoj je Tales, jednom prilikom, okupiran gledanjem u nebo, upao u – bunar. Jedna lepa i pametna dama iz Trakije ga je zadirkivala zašto prvo tako detaljno ne zapaža šta se dešava oko njegovih nogu, pa tek posle toga usmeri pogled prema zvezdanom nebu. Uprkos zanesenjaštvu, izgleda da je imao veliki dar za praktične stvari. Tako je Aristotel zapisao da je Tales jedne godine uočio da će masline dobro roditi. Masline su, inače, bila važna sirovina. Ceđenjem maslina proizvođeno je ulje, tada najvažniji trgovački artikal. Pravljeni su veliki glineni ćupovi za čuvanje ulja. Uvidevši da će vreme omogućiti dobar rod, on reši da otkupi sve cediljke za masline. Kasnije je te cedaljke dao pod zakup, po ceni koja mu je donela veliku zaradu. Tako se u neku ruku može reći da je Tales bio prvi uspešni prognostičar vremena na dugi rok.

Bio je i sposoban neimar. Dato mu je da prebaci Krezovu vojsku preko tada bogate vodom reke Halisa. Vojska je trebalo da se prebaci suvim putem. Tales se dosetio da prokopa drugo korito pored prirodnog, rečnog. Kada je vojska prešla to korito, on je vodu iz prirodnog zatim skrenuo u prokopano korito, i tako je vojska prešla reku suvim putem.

Puno je putovao. Družio se sa sveštenicima, naročito u Egiptu. Tako svestran, prikupljao je tokom putovanja mnoga znanja. Tada ih, doduše, nije bilo mnogo. U Egiptu je pronikao u geometriju, a u Vavilonu je naučio vavilonsko predskazivanje pomračenja Sunca. Pričalo se da je on, po povratku u Milet, stekao veliki ugled jer je predskazao pomračenje Sunca. Ono se desilo za vreme bitke između Miđana i Libijaca. To je shvaćeno kao želja bogova da se rat završi. Mir je uspostavljen, a Tales je 582. godine p.n.e. proglašen za jednog od sedam mudraca Grčke, uz šest političara. Plutarh je, oko 100. godine n.e. pisao da je Tales jedini od sedam mudraca čija je mudrost prešla granice praktične koristi.

Boraveći u Egiptu, Tales je poznavao ili sam pronašao mnoga pravila iz geometrije. Plutarh napominje da je Tales zadivio egipatskog kralja Amazisa kada je u njegovom prisustvu odredio visinu piramide. Naime, Tales je merio dužinu senke uspravno zabodenog štapa, čija je visina bila poznata. Istovremeno, izmerio je i dužinu senke piramide. Iz razmere dužine visine štapa i senki, izračunao je visinu piramide. Pa, ako je visina štapa 2 m, a dužina njegove senke 4 m, onda bi, npr, senku od 500 m bacala piramida visine 250 m. Tales je bio u stanju i da odredi rastojanje od obale do brodova na pučini. Ovaj način je obuhvatao teoremu o srazmerama

Do mnogih svojih dokaza Tales je došao poluintuitivnim putem. Ta otkrića bi današnjim dobrim srednjoškolcima bila vrlo očigledna. Nažalost, nijedan od njegovih rukopisa nije sačuvan i o njima se saznaje tek posredno.

Tales je smatrao da su stvari sastavljene od vode, što je značilo da sve što postoji može biti u tri oblika: magle, vode ili zemlje. On je verovatno slično nama danas, mislio da se materija može naći u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju. Izabrao je vodu kao osnovni oblik, jer je smatrao da je osnovna karakteristika sveta njegova tečnost, odnosno, vlažnost. Prema njegovom shvatanju, svet je nešto što se stalno menja, što nije karakteristika nečega u čvrstom stanju.

Drugi najznačajniji predstavnik jonske škole, Anaksimander, (611 – 547. godina p.n.e.) Talesov je naslednik i prijatelj. Napisao je jednu geometriju. Zanimala ga je astronomija, geografija i opšti problemi filozofije. Njegova je i knjiga „O prirodi“. Uveo je u nauku pojam evolucije. Razlikovao je tri stupnja razvoja: postajanje, život i nestajanje. Sve promene je pripisivao kretanju. Tvrdeći da sve žive stvari potiču iz kala, koji isparava na suncu, pojam evolutivnog razvoja uveo je i u biologiju.

Anaksimander je pokušao da nacrta celokupnu kartu svih nastanjenih delova Zemlje. Takođe je pokazao kako se može meriti vreme pomoću sunčanog sata – uspravne motke koja baca senku. Sada je poznato da je takva naprava već ranije upotrebljavana u Vavilonu.

Za razliku od Talesa, Anaksimander je tvrdio da je osnovni sastojak svega na svetu izvesna neprekidna i beskonačna sredina koja ispunjava ceo prostor, i nazvao je etar. Ovaj pojam je opstao u nauci sve do naših dana.

Smatrao je da je Zemlja kružna ploča čija je debljina iznosila jednu trećinu od prečnika. Govorio je da je Sunce iste veličine kao Zemlja.

To dokazuje da su grčke osmatračke moći bile vrlo ograničene, što ne bi trebalo da čudi kad se zna da Grci nisu pridavali nikakav značaj eksperimentalnom proučavanju. Jer, eksperiment je, ustvari, neka vrsta fizičkog posla. U svakodnevnom životu, umni rad su cenili daleko više od fizičkog za koji se smatralo da je nedostojan slobodnih ljudi i da je samo za robove. U nekim gradovima, slobodnim ljudima nije bilo dopušteno da se bave zanatom. Ksenofon o tome kaže: „Zanatske veštine nose na sebi žig društvene sramote i s pravom se smatraju nečasnim u našim gradovima. Ove veštine nanose štetu telima onih koji se njima bave. To ih primorava da žive sa malo kretanja, u zatvorenom prostoru. U nekim slučajevima primoravaju ih da ceo dan provedu kraj ognja. Telesno zakržljavanje dovodi do umnog zakržljavanja“.

U ovome se može naći opravdanje zašto se grčka fizika uglavnom bavila apstraktnim mislima. Oni su nastojali da plan sveta otkriju u sopstvenoj, unutrašnjoj svesti. Neki njihovi mislioci su pretpostavljali da je svet stvorio njegov tvorac po nekom jednostavnom obrascu. Drugi su zaključivali da se većina prirodnih kretanja mora odvijati po krugu, polazeći od toga da je krug savršena kriva linija. Međutim, treći, kojima je pripadao Anaksimander, smatrali su da sve što postoji mora vremenom i nestati, da bi se tako popravila nepravda načinjena izguravanjem svog prethodnika iz života.

Iz ove zbrke nejasnog mudrovanja, neke škole se usredsređuju odgonetanju prirode materije, dok su se druge posvetile izučavanju kretanja, naslućujući njegov značaj. Tako su Jonjani, Leukip iz Mileta i njegov učenik Demokrit (oko 470 – 400. godine p.n.e.) predavali sasvim drugačiju nauku, smatrajući da je vasiona sastavljena samo od nepromenljivih atoma i prostora između njih. Atomi su nevidljivi, kao što grčka reč atemnein (*ατεμνειν*)

znači. Takođe su nešto što se ne može preseći, jednoobrazni su, čvrsti i ne mogu se sabijati. Njihova supstanca je neuništiva kao i njihovo kretanje. Atom se stalno kreće dok ga nešto ne zaustavi.

Prema njihovoj koncepciji, promene u vasioni se dešavaju, ne zbog promene samih atoma, već zbog promene njihovog kretanja i pregrupisavanja. Pregrupisavanja se dešavaju zbog neke nekontrolisane nužnosti. Ovim učenjem u prvi plan se stavlja objektivni svet, koji postoji izvan čoveka, odnosno, otkrivena je „spoljašnja" priroda. Dakle, svet je do tada bio predmet ljudskih osećanja, prepun lepote, slasti i toplote. Od njih postoje samo atomi i prazno.

Ovo gledište ima mnogo zajedničkih elemenata sa savremenim saznanjima o atomima koje nije proisteklo iz „znanja" već iz merenja.

3.2.2. *Pitagorina škola*

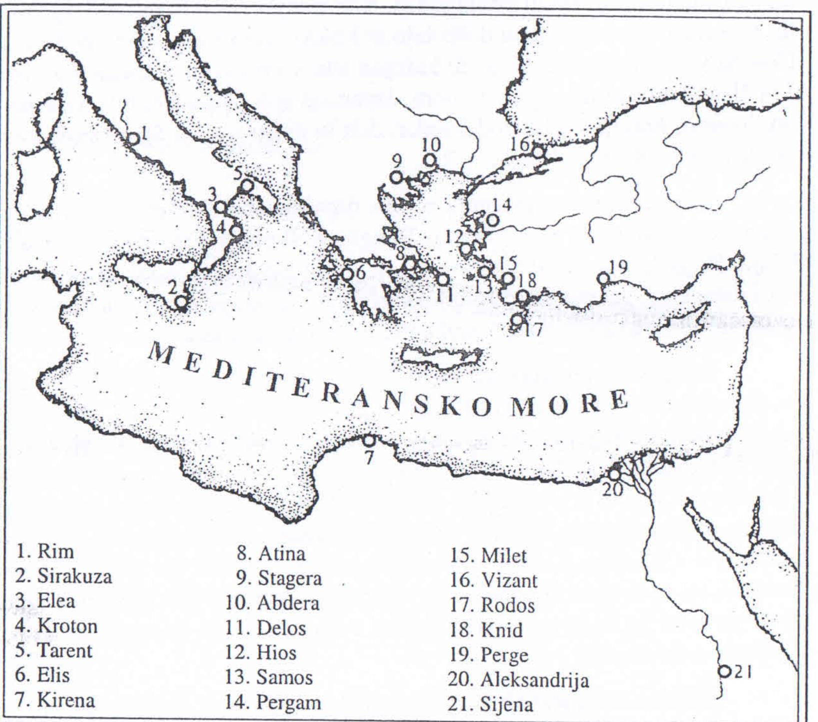
Pitagora je osnovao školu koja po njemu nosi ime, iako je obuhvatala velik broj i drugih značajnih ljudi. Malo datuma je poznato iz njegovog života. Ne zna se datum rođenja, ni smrti. Rodio se na ostrvu Samos, u Joniji, sl. 3.1. I za njega se govorilo da je feničanskog porekla. Jedino se pouzdano zna da je 530. godine p.n.e. napustio Samos i osnovao svoju školu u Krotonu, u dorskoj koloniji u današnjoj južnoj Italiji. Kako se zna da je i majku poveo sa sobom, podrazumeva se da je tada morao biti mlad čovek.

Rodno mesto je napustio iz političkih razloga. Pitagora je svojim sposobnostima ostavio snažan utisak na Talesa. Zbog toga mu je preneo sve svoje znanje i savetovao ga da ode do egipatskih sveštenika radi daljeg usavršavanja. On je to i učinio i 22 godine se bavio geometrijom i astronomijom. Posle toga je odveden u ropstvo u Vavilon, gde ostaje 12 godina. Tako je dostigao najviši stepen znanja u aritmetici, muzici i drugim oblastima.

Teško je složiti sve činjenice iz njegovog života. Tek, zadesio se u gradu Krotonu, osnovao neku vrstu bratstva učenih ljudi. Članovi zajednice su živeli prema pravilima koja su sami utvrdili. Sve što su imali – znanje, imovinu, filozofiju i moral, smatrali su zajedničkim. Primenjivali su strogu samokontrolu, uzdržanost i čednost. Isposnički živeći, hranili su se vegetarijanskom hranom. Smatrali su da su životinje slične ljudima. Ovo je jedan od retkih primera koji pokazuje obzir prema životinjskom svetu u tom vremenu, tako da se očigledno mogu smatrati i prvim društvom za zaštitu životinja.

Izvesno je da su Pitagorini sledbenici smatrali da će uzdržanošću, di-

sciplinom i verskim obredima pročistiti svoju dušu, osloboditi je nasleđenih stega i pripremiti se za život posle smrti. Pitagora je propovedao nauku o besmrtnosti i seljenju duše iz jednog tela u drugo, onako kako je naučio od svog učitelja Fersidesa sa ostrva Samosa. On je pisao: „Dok živimo na ovoj Zemlji naše duše su mrtve i zakopane u nama, ali kada umremo, one ožive i nastave da žive".



Sl. 3.1. Karta oblasti i mesta iz vremena antičke Grčke.

U praktičnom životu, pitagorejci su težili moralnom preporodu društva. Propovedali su da zemljom moraju da vladaju najbolji ljudi, neka vrsta aristokratije. To ih je dovodilo u sukob sa „širokim demokratskim masama". Najzad, negde oko 501. godine p.n.e, „demokrate" su mnoge od njih pobili, a kuće im zapalili. Osnivač škole, Pitagora, pobegao je u grad Tarent.

Vrlo je poučan prikaz ove strane aktivnosti pitagorejaca. Oni su, inače, šire poznati po doprinosu matematici i drugim naukama. Njihova „društvena" aktivnost je bila čista i ispravna, poput poznate Pitagorine teoreme.

Međutim, još u tim ranim godinama civilizacije, pokazuje se da ne vladaju kompetentni, već oni koji se za vlast izbore.

Svakodnevno zanimanje ovog bratstva bilo je sticanje znanja. Naučno znanje, kako i danas važi, mahom nije kolektivna tvorevina. Mora mu prethoditi individualni umni iskorak. Nema te stvari o kojoj će istovremeno neka skupina naučnika kolektivno doći do istog zaključka. Prvi ko stekne to saznanje danas nosi slavu pronalazača. Kod pitagorejaca to pravilo nije važilo. Sve saznanje do koga su došli bilo je kolektivno i međusobno podeljeno. Onaj koji bi odao tajnu, bivao je kažnjen surovom smrću. Zapisano je da su dva člana bratstva udavljena u moru. Jedan od njih, Hipasije, hvalio se da je otkrio novo pravilno telo, dodekaedar, dok se drugi hvalio da je otkrio nesamerljivost kvadratnog korena iz 2.

Veoma je teško proceniti njihov doprinos nauci i čija lično je to zasluga. Najkompletniji prikaz učenja Pitagorine škole potiče od astronoma Filolaja, 90 godina posle Pitagorine smrti. Tu se navodi da je Pitagora pretvorio izučavanje geometrije u predmet slobodnog vaspitanja a aritmetiku je unapredio i izvukao iz oblasti praktične trgovačke primene.

Aritmetika pitagorejaca tretirala je i tajanstvena svojstva celih brojeva. Za njih je broj 1 bio tačka, 2 linija, 3 površina i 4 prostor. Ali, za njih je 2 predstavljalo i mišljenje, jer su *oboje* „bezgranični i neodređeni", ali i ženskost, iz nepoznatih razloga. Broj 3 je predstavljao i muškost. Broj 4 značio je i pravdu jer su $2 \times 2 = 4$, dakle, proizvod dva činioca u potpunoj ravnoteži jednog prema drugom. Broj 5 je bio broj braka, jer je rezultat sabiranja muškog 3 i ženskog 2. Broj 7 je predstavljao nevinost, jer nema činioce. Smatrali su da brojevi izražavaju ne samo oblik svemira već i njegovu materiju. Verovali su da je svet sastavljen od brojeva, za njih je matematika bila ekvivalent stvarnosti.

Brojeve su izučavali i u geometrijskim okvirima. Razlikovali su trouglaste (1, 3, 6, 10, 15 itd.) i kvadratne brojeve. Pitagorina teorema je čisto geometrijska stvar. Njome je položen kamen temeljac matematici, kojoj su, kao i drugim oblastima nauke, pitagorejci dali značajan doprinos.

Najznačajnije pitagorejsko gledište je da se materija sastoji iz četiri elementa: zemlje, vode, vazduha i vatre. To gledište je zastupao i Empedokle iz Argentuma (oko 500 – 440. godine p.n.e.). Smatralo se da je sve stvoreno od ova četiri elementa data u različitim razmerama, a pod uticajem odbojne ili privlačne sile. I oni su nastali privlačenjem ili odbijanjem dva para suprotnih osobina — toplo i hladno, vlažno i suvo. Iz ovoga postoje kombinacije prikazene u tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Empedokleova četiri elementa i četiri osobine.

	suvo	*vlažno*
hladno	zemlja	voda
toplo	vatra	vazduh

Pitagora je imao vrlo tačan stav o obliku Zemlje. Naime, smatrao je da je Zemlja okrugla i da se okrene jedanput dnevno oko svoje ose. Takođe, pitagorejci su napravili krupan korak napred stavom da Zemlja nije neki nepomični centar vasione, već da se zajedno sa drugim planetama kreće oko jedne središnje vatre. Očigledno, da su tu vatru smestili tamo gde je Sunce. To bi bio najveći napredak u celoj istoriji nauke. Neki kažu da su to oni zapravo i mislili, nego nisu smeli da iskažu plašeći se strašnih verskih pogroma, koje su već obilato iskusili.

Smatrali su i da je ukupno 10 pokretnih tela na nebu. Da bi dobili taj broj, postojeći broj od 5 planeta, uz Sunce i Mesec i 2 nepomične zvezde, dopunili su „protiv-zemljom". Smatrali su da se i „protiv-zemlja" kreće oko vatre.

Pretpostavke o protivzemlji i središnjoj vatri pokazale su se netačne. Ploveći duž obala Sredozemnog mora, afričkih obala, a i prema severu Evrope, moreplovci su stekli razna čudna iskustva sa nebom. Međutim, središnju vatru i protivzemlju nisu otkrili. Pitagorejci su mislili da su brojevi nešto najvažnije u prirodi, i da su rastojanja planeta od središnje vatre u međusobnoj srazmeri kao celi brojevi koji odgovaraju harmoničnim intervalima na muzičkoj skali. Za njih planete, krećući se svojim putanjama, stvaraju zvuke nečujne za naše uši. To su nazivali „harmonija sfera".

3.2.3. Atinska škola

Pitagorejci su imali razna interesovanja. Među onima koji su se zanimali za praktične stvari, bio je Arhitas, viđena ličnost, sedam puta biran za predsednika grada Tarenta. Zahvaljujući tome, izgleda da je mogao da odudara od krutog reda koji je vladao među pitagorejcima. Interesovao se za primenu nauke u mehanici, tačnije je postavio teoriju o koturovima. Napravio je mehaničke igračke a među njima i leteće ptice. Zbog toga se može smatrati pretečom aeronautike. Ovakvo interesovanje se nije dopalo ostalim njihovim sledbenicima. To se vidi po njihovim reakcijama kada se Arhitas udavio, pri nekom brodolomu. Neki od najuticajnijih članova njihovog društva tvrdili su da je to zasluženi kraj za čoveka koji se mnogo udaljio od linije njihovog osnivača.

Tada je Pitagorina škola očigledno bila u opadanju, kako u pogledu prihvatanja njihovih učenja, tako i po broju sledbenika. Tada se razvila jedna nova škola u Atini, koja je postala glavni grad i kulturno središte Grčke. Od 490. do 480. godine p.n.e. traje decenija velikih bitaka na Maratonu, Termopilima i Salamini.

U to doba, istočno od Grčke, ležalo je Persijsko carstvo. Persijski car Darije hteo je da proširi svoje carstvo na zapad. Tako je prvo otpočeo pokoravanje Jonije, koja je ležala duž obala Male Azije. Grčka tada nije bila objedinjenja, već su postojali gradovi – države, sa svojim mesnim vladama. Atina i Eritreja su poslale pomoć Joncima. Ipak, Persijanci pobeđuju. Ostalo je da se Atinjani, skoro sami, suprotstave Darijevoj vojsci. Bitka je vođena 490. godine p.n.e. na Maratonu. Persijanci su bili pobeđeni.

Ali, Persijanci nisu odustajali od osvajanja. Darijev naslednik, Kserkses, ponovo napada razjedninjenu Grčku. Prvi na udaru su bili malobrojni Spartanci, koji su potučeni do poslednjeg čoveka kod Termopilskog klanca. Atika i grad Atina ostali su izloženi neprijatelju. Odlučujuća bitka na moru odigrala se kod ostrva Salamine, a na kopnu kod Plateje. Poraženi neprijatelj u obema bitkama se povukao, a mnogobrojne grčke državice su se ujedinile. Ugovorom potpisanim u Delosu, Atina je proglašena glavnim gradom konfederacije. Tako se stiču uslovi da Atina bude centar svega, pa i nauke. I ovde će se napredak nauke pokazati kroz pojedine istaknute ličnosti iz sveta nauke tog doba.

U oblasti matematike isticala su se tri imena: Hipokrat, Platon i Eudoksije.

Hipokrat se rodio oko 470. godine p.n.e. na ostrvu Hiosu, jednom iz jonske grupe ostrva. Njega ne bi trebalo mešati sa znatno poznatijim Hipokratom sa Kosa, lekarom, koji je pridavao veliki značaj i meteorologiji. Njemu se pripisuje da je rešio problem kvadrature kruga. Počeo je kao trgovac, pa je otišao u Atinu, da bi rešio neki sudski spor. Tamo se družio sa umnim ljudima, pa je najzad osnovao svoju školu.

Pored mnogih matematičkih problema kojima se bavio (udvajanje kocke, kvadratura kruga, trisekcija ugla) najznačajnije delo mu je udžbenik iz geometrije. Izgleda da je to delo poslužilo za mnogo čuvenije Euklidovo delo „Elementi geometrije“ koje se pojavilo nekoliko godina kasnije. U tom smislu, Hipokrat je morao biti od zaslužan kako se geometrija predavala u Evropi u periodu dužem od 2000 godina.

Platon (427 – 347. godina p.n.e.) postao je Sokratov učenik 407. godine p.n.e. Kada su Atinjani ubili Sokrata, 399. godine p.n.e, Platon je napustio Atinu i izučavao matematiku u mnogim zemljama. Kada se ponovo vratio u Atinu, oko 380. godine p.n.e, osnovao je školu pod nazivom „Akademija“. Škola je opstajala skoro 1000 godina.

Platonova slava se zasnivala na tome što je bio mislilac, filozof. Ali, poznavao je i matematiku, fiziku i druge nauke. Iznad ulaznih vrata u njegovu Akademiju, pisalo je „αγεωμετρετοζ μηδειζ εισιτω“ – ageometretos medeis eisito – neka ne ulazi ko nije geometričar.

Platon je verovao u vaspitnu vrednost matematike. Jednom ga je, prema pisanju Plutarha, Dionisije II, mladi tiranin iz Sirakuze, pozvao da „uvede mudrost i vrlinu“ na njegovom dvoru. Platon je to pokušao da postigne učeći ih geometriji. Vladar i dvorjani su zato morali crtati po pesku posutom po podovima dvora. Kada se dvor pretvorio u oblak prašine od peska, Platon je poslat u Atinu, a vladar je izabrao druge metode učenja mudrosti i vrlina.

Platon je prihvatio stav da je naš razum jedina stvarnost, dok je spoljašnji svet samo izum razuma. Dakle, prema njemu, materijalni svet je tek senka jedine stvarnosti – razuma. Smatrao je da nije važno proučavati one senovite materije koju nazivamo materijom. Živeo je u ubeđenju da je jedina stvar od vrednosti za čovečanstvo traganje za dobrim i lepim. Zbog toga je Platon naročito mrzeo Demokrita, koji je čovečnost, lepotu i dobrotu tumačio mehanički, kao ispoljavanje materijalnih atoma. Kažu da je Platon izrazio želju da se Demokritove knjige spale.

Smatrao je da je vasioni dat oblik koji odgovara potrebama i željama čoveka. Pošto je bog dobar, stvorio je najsavršeniji svet da u njemu živimo. A pošto je lopta najsavršeniji od svih oblika, morao je da načini loptastu vasionu. Isto tako, pošto je krug najsavršenija kriva linija, morao je odrediti da se planete kreću po kružnim putanjama. Kretanje je božansko, pa zato mora biti savršeno u svojoj pravilnosti. Smatrao je da je Zemlja središte vasione. Ovaj stav je promenio pri kraju života, žaleći što je Zemlji dodelio središnje mesto u vasioni koje joj ne pripada.

Plutarh je pisao da je ovakav stav Platona spasao nauku, naročito astronomiju, od optužbi da je bezbožnička i učinio je uvaženom i pristupačnom svima. Ovo je bilo moguće pošto je Platon stekao poštovanje, jer je prirodne zakone potčinio vlasti božanskih principa.

Anaksagora (oko 488 – 428. godine p.n.e.) imućan čovek, zapostavio je svoje posede da bi se posvetio nauci. Govorio je da je cilj čovekovog dolaska na ovaj svet da ispituje „nebesa, Sunce i Mesec“. Otkrio je i kazao, jasnije i smelije nego bilo ko drugi, da se mesečeve mene dešavaju kao po-

sledica mesečevog putovanja za Suncem. Pomračenja Meseca se dešavaju kada on upadne u senku Zemlje.

Ovakvim stavom navukao je kasnije na sebe veliku nevolju. Izražavao je i druge materijalističke poglede odričući čudesni i božanski karakter nebeskim dešavanjima. Tvrdio je da su nebeska tela slične prirode kao i Zemlja, s tom razlikom da su ona usijana zbog brzog obrtanja. Za Sunce je govorio da je to ogromna masa užarenog metala, i da na Mesecu postoje planine i doline, slično kao na Zemlji. Postavio je hipotezu da je vasiona započela kao jedna haotična masa. U toj masi se stvorio vrtlog koji se sve više širio. Tako su se, jedni za drugim, izdvajali vazduh, oblaci, voda, zemlja i stenje. Usled kružnog kretanja, teža tela su ostajala bliže središtu. Najzad je užareni etar odvajao komade stena i, zagrejavajući ih, pretvorio u zvezde.

Kao što danas znamo, ovim su objašnjene mnoge stvari, ali se, uprkos tome, Anaksagorina knjiga slabo čitala i tajno davala od ruke do ruke. Najzad, Atinjani se odlučuju da ga prognaju iz Atine zbog huljenja i pokušaja da ukloni njihove bogove, ta „korisna i prijateljska bića". Većina Grka nije htela da zameni tako prijateljska bića kao što su bogovi, za mrtvu masu zemlje i metala. Prosvećeniji ljudi su videli da ih čovekoliki bogovi ne zadovoljavaju, ali oni nisu bili voljni da usvoje racionalno tumačenje prirode. Plutarh je pisao: „U to vreme nisu trpeli ljude koji gledaju u zvezde i koji tvrde da bi božanstva trebalo razbiti u nerazumne stvari, u slepe sile sa nepotrebnim osobinama. Tako su prognali Pitagoru, a Anaksagoru su strpali u zatvor, odakle ga je sa mnogo muke spasao Perikle".

Anaksagorina sudbina nije sasvim poznata. Prema nekima, osuđen je i proteran iz Atine, a Perikleovo angažovanje ga je izbavilo od sigurne smrti. Iz ovoga se vidi da još nije bilo došlo vreme za racionalno poimanje. Još tada je započeo viševekovni sukob religije i nauke. Religija je objavila rat nauci i bila podstrekač njenog progona. Ti progoni su se nesrećno i često ponavljali kroz istoriju.

Aristotel (384 – 322. godine p.n.e.)

U ovom opštem pregledu naučnih znanja, govoriće se o Aristotelovom delu koje se ne odnosi na meteorologiju. Njegova meteorološka delatnost će biti opisana u glavnom delu ove knjige, gde se govori samo o meteorologiji. S obzirom na kritike na koje je nailazila njegova meteorološka aktivnost, izgleda da se on jedino ozbiljno i bavio meteorologijom. Ipak, ne može se poreći njegov grandiozni i dalekosežni uticaj na tok naučne misli uopšte.

U ranoj mladosti, sa 17 godina, Aristotel je napustio rodno mesto

Stagiru, u današnjoj severnoj Grčkoj. Neki kažu da mu je otac bio lekar na dvoru, a drugi da je bio zabavljač. Tek, poslao je sina u Atinu, kod Platona, da se bavi naukom. Tamo je ostao oko 20 godina, sve do smrti svog učitelja. Posle toga je otišao na ostrvo Lezbos, prema obali Male Azije. Tamo je boravio od 347. do 342. godine p.n.e. Narednih 6 godina proveo je kao učitelj mladog kraljevića Aleksandra Makedonskog, poznatog još u istoriji i kao Aleksandar Veliki.

U Atini je 334. godine p.n.e. osnovao svoju Peripatetičnu školu. Izgleda da tu nije najbolje primljen kod kolega, jer su smatrali da je svojim ponašanjem i oblačenjem primereniji dvoru nego za učenjaka duge, prljave brade i pohabanog odela. Ponovo je napustio Atinu 323. godine p.n.e. i posle godinu dana umro.

U mladosti je imao neutoljivu žeđ za učenjem, tako da je u zrelim godinama raspolagao enciklopedijskim zanjem. Njegovo znanje dosezalo je do svega poznatog u svim granama nauke. Pisao je o ogromnom broju različitih stvari. To su bili izlivi jasnih misli i zdravog razuma, kvalitetnog znanja i oštroumnog rasuđivanja. Vrednosti njegovih zapisa bili su nejednaki u raznim naukama. Bio je grandiozan meteorolog i biolog, ali se danas smatra da je bio slab fizičar.

Njegova biologija se zasnivala na ličnim posmatranjima i smatra se da je bio najveći u svim vremenima. Njegovo razvrstavanje oblika života nije prevaziđeno. Ali, moć zapažanja nije ga daleko odvela u fizici. Fizički procesi su suviše složeni da bi ih iko otkrio isključivo posmatranjem. Tu su potrebni eksperimenti, a takvo ispitivanje je bilo nepoznato u njegovo vreme.

Pri eksperimentisanju se uvek pretpostavlja da je neki događaj posledica nekog uzroka koji mu prethodi. U eksperimentisanju mi stvaramo uzrok i posmatra se posledica. Takav lanac, uzrok – posledica se prosleđuje kroz celu prirodu i on upravlja svim njenim zbivanjima. Danas se uvek pitamo zašto je neki događaj *A* sada takav i takav? Odgovor bi trebalo da bude: zato što je slučaj *B* u prošlosti bio takav i takav. Aristotelov odgovor je bio: zato što je u prirodi *A* da bude takav kakav je. Npr, na pitanje zašto se Mesec pomračuje, odgovaramo: zato što se Zemlja u svom kretanju, našla između Sunca i Meseca, dok bi za Aristotela bilo dovoljno da kaže: zato što je u mesečevoj prirodi da se pomračuje. Ovo očigledno ne zadovoljava današnje shvatanje egzaktnog mišljenja.

Demokrit je tvrdio da telo u pokretu nastavlja svoje kretanje sve dotle dok se nešto ne umeša i u tome ga omete. Međutim, Aristotel je sva kreta-

nja tumačio kao udovoljavanje prirodnim sklonostima, kao da su sve stvari živi organizmi. Rukovođen biološkom analogijom da se sve stvari među sobom moraju privlačiti ili odbijati, on je prihvatio Empedokleovo učenje o četiri elementa kao sastojka materije: zemlji, vodi, vazduhu i vetru. Dodao je i peti sastojak: „kvintesenciju", da bi dao osnovnu građu za vasionu.

Aristotel je tvrdio da su moguće samo dve vrste kretanja: kretanje naviše i naniže i kružno kretanje. Od četiri Empedokleova elementa, vazduh i vatra se kreću naviše, dok se zemlja i voda kreću naniže. Prema tome, očigledno je da je moralo postojati nešto peto, koje bi se kretalo kružno, a ovo bi mogao biti etar od koga su načinjene zvezde.

Aristotelu se pripisuje uvođenje formalne logike. On je mnogo pisao o velikom broju problema iz fizike. Međutim, uvek je polazio od metode dedukcije, pa, pošto su mu pretpostavke gotovo uvek bile pogrešne, takvi su mu bili i zaključci. Trebalo je da prođe skoro 2000 godina da se Aristotelovoj deduktivnoj metodi doda i induktivni metod. Tek tada je nauka krenula brzo ka napretku.

Aristotelov ugled bio je toliko veliki da se sve što je on rekao i napisao smatralo kao takvo. To je važilo ne samo u staroj Grčkoj, nego i tokom celog srednjeg veka. Ovo otud što je hrišćanska crkva podržavala njegovo učenje koje je bilo bliže duhu hrišćanstva nego materijalizmu. Nauka se održavala po njegovom kalupu sve dok ljudi u renesansi (preporodu) nisu počeli da „misle svojom glavom". Naučnici Stevinus i Galilej započeli su eksperimente kojima su dokazali da stvari nisu onakve kako je Aristotel govorio.

3.2.4. *Epikurejci i stoici*

Posle Aristotelove smrti nastupila je opšta zbrka i previranje. U intelektualnom, političkom i vojnom pogledu. Aleksandar je pokorio Grčku, što im je teško palo te su izgubili svoj nekadašnji poletni duh. Potražili su nov pristup životu. Oživeo je religijski pristup. Lakoumna vera u olimpijske bogove, nije im mogla doneti utehu.

U ovakvim okolnostima, javila su se dva učenja, epikurejsko i stoicizam. Oba učenja su odgovarala tom sumornom periodu. Epikurejstvo je propovedalo učenje o zadovoljstvu i sreći, čak i u nesreći. Stoicizam je širio učenje o samokontroli i o odanosti dužnostima. Ova učenja su na početku bila etičkog i religijskog karaktera, ali su i sezala u naučno.

Epikur (oko 341 – 270. godine p.n.e) osnivač je prvog, epikurejskog učenja. Rodio se na Samosu, ostrvu u Jonskom moru. U mladosti je bio slabog zdravlja. To, i nevolje koje su mu se dešavale, zahtevali su pristup životu kojim bi se on učinio što snošljivijim. Propovedao je jedinstven život u kome dominira unutrašnji mir i duhovno spokojstvo. Iako nije bio naučnik, jer ih je prezirao, isticao se kritikama Aristarhovih proračuna o veličini Sunca i Meseca. Tvrdio je da je Sunce možda i manje nego što ga vidimo, da se oganj u daljini čini veći nego što stvarno jeste. Trebalo bi istaći da, ako se oganj posmatra noću, na maloj udaljenosti, onda ukupan odsjaj zaista daje predstavu koju je zastupao Epikur. Očigledno mu nije bio poznat efekat rastojanja.

Proučavao je Demokritova dela i podržavao je materijalistički pristup. Tvrdio je da je sve što postoji telesno i da nema ničeg drugog do atoma i praznine. Imao je logiku da praznina mora postojati, jer u suprotnom atomi ne bi imali slobodnog prostora za kretanje. Takođe je praznina bila beskonačna, jer, da nije tako, morala bi biti ograničena nečim drugim, što je drugačije prirode. A ovo drugo ne može postojati ako atomi i praznina sačinjavaju sve što postoji. Atoma je moralo biti beskonačno, jer bi se rasuli po beskrajnoj praznini i međusobnim sudarima se ne bi održavali na svom mestu.

Prema Epikuru, atomi lete kroz prostor brzo kao misao, i njihovo pregrupisavanje stalno stvara nove svetove. Predmeti stalno odaju tanke paučinaste slike sa svoje površine, i one, krećući se u svim pravcima, naleću na naše telo i prouzrokuju osećaje, a osećaji saznanje o svetu.

Za bogove je govorio da su savršeniji i viši od nas i da su i oni tvorevina prirode, kao i mi. Zbog toga, smatrao je Epikur, oni ne mogu upravljati svetom i nije im stalo do ljudskih poslova. Čovek je još uvek gospodar svoje sudbine i upravljač svojom dušom. Epikur je očigledno pokušao da oslobodi ljude tereta vere, ali je dozvoljavao da ostanu verni svojim tradicionalnim bogovima.

Osnivač drugog, stoičkog učenja, je Zenon, poreklom Feničanin. Rođen je u gradu Kitiumu, na Kipru. U Atinu je došao 311. godine p.n.e, osnivajući svoju školu čije je učenje izlagao u Stoji. Nasuprot većini u Grčkoj, da je potrebno svet sagledavati u celini, ne u delovima, Zenonovo učenje je bilo praktično i odgovaralo je tome vremenu. Propovedao je odricanje od ovog sveta, da bi ljudi trebalo da se rukovode po svojoj savesti i razumu, a ne po svojim naklonostima, osećanjim i željama. Najbolji i najplemenetiji ljudi antičkog sveta bili su pod uticajem ili pristalice stoicizma.

I stoici su podržavali materijalizam. Čak su i vrlinu kao što je marlji-

vost označavali kao telo. Pretpostavljali su da se svako telo sastoji od jednog trpnog i drugog, radnog dela. Trpni deo je predstavljao nepokretnu materiju koja se može podvrgnuti promenama, a radni deo je sila koja izaziva promene. Prema ovome, svaki događaj ili pokret u prirodi, mora imati razlog za svaku promenu.

Pune 2000 godina pre Njutna, uveli su u nauku pojam da se sve što se u prirodi dešava vrši u saglasnosti sa opštim zakonima prirode. Otkrili su da se zvezde kreću po savršeno pravilnim zakonima. Tako se svet kreće prema savršenstvu koje je bog odredio. Ali, to savršenstvo delimično i čovek može da postigne. Tako ljudski život postaje nešto dostojanstveno i ima veliku vrednost.

3.3. Nauka u Aleksandriji

3.3.1. Uvod

Ova glava će se odnositi na gotovo 1000 godina dug period, između 332. godine p.n.e. i 642. godine n.e. Prethodna glava odnosila se na period od oko tri veka. Ali, u ta tri veka postignut je veći naučni napredak nego u tri hiljade godina u Vavilonu i Egiptu. Međutim, u IV stoleću p.n.e, Grčka država, zajedno sa naukom, počela je da tone. Aleksandar Veliki je osvojio Atinu i mnoge zemlje, preko Bliskog Istoka, do Indije.

U čast velikih pobeda, Aleksandar je odlučio da podigne novu, najveličanstveniju prestonicu u celom svetu. Za izgradnju je odredio mesto gde se Nil uliva u Sredozemno more. Prestonicu je nazvao Aleksandrijom. Međutim, pre nego što je sve prelepe planove pretvorio u stvarnost, Aleksandar Veliki je umro, 323. godine p.n.e. Njegova država se raspala. Egipatske zemlje pripale su njegovom generalu Ptolomeju, koji je nedovršenu Aleksandriju izabrao za svoju prestonicu. Slavoljubiviji od svog bivšeg gospodara, odlučio je da Aleksandriju učini svetskom političkom, trgovačkom, kulturnom i naučnom prestonicom. Za zidanje „Hrama muza", onoga što danas predstavlja univerzitet, odabrao je mesto pored svoje vladarske palate. Tako je nikao grad koji je trebalo da zameni Atinu, a univerzitet je bio centar nauke u narednih 1000 godina.

Oko 300. godine p.n.e, univerzitet je bio pripremljen da prihvati svoje polaznike. Ptolomej je doveo najveće naučnike toga doba. Mnogi su prešli

iz Atine, čime su bili spremni da naprave još neki korak napred u nauci. Ptolomeja, posle smrti, 285. godine p.n.e, nasleđuje Ptolomej II. I on je imao istu želju: da unapredi Aleksandriju. Zato je osnovao čuvenu Biblioteku, koja je smatrana jednim od sedam svetskih čuda. Imala je četiri odeljenja: za književnost, matematiku, astronomiju i medicinu. Samo za prvih 40 godina postojanja, u njoj je sakupljeno preko 400 000 rukopisa.

Potporom vladajuće dinastije i promenom metoda rada, u prvom periodu postignut je veliki napredak. Nauka nije više bila ona sanjalačka, o univerzumu, već se okrenula rešavanju jasno uočenih problema. Pred početak hrišćanske ere, duh napretka je napustio nauku. Umesto novim otkrićima, okretalo se kritici i komentarima ranijih velikih otkrića. I politički faktori su tome doprineli. Sa Kleoptarinom smrću, 30. godine p.n.e, završila se tristogodišnja vladavina dinastije Ptolomeja Egiptom, koga preuzimaju Rimljani. Oni su bili dobri upravljači, zakonodavci, graditelji i majstori u tehničkom smislu. Ali, za prirodne nauke ipak nisu imali smisla. Za njih je postojao svet poslova, a ne teorijskog razmišljanja.

Osvajanjem Egipta, Rimljani su pokazali uobičajenu širokogrudost prema osvojenim narodima. Dozvolili su da se govori grčki, a na univerzitetu je uspostavljena naučno – istraživačka delatnost. Nauci nije pretila opasnost od Rimljana, već, nešto kasnije, od hrišćanstva. Rimski zavojevači su uveli nov način upravljanja zemljom, ali su hrišćani uspostavili nov način života i iz korena preusmerili ciljeve ljudskog bitisanja. Hrišćani su se smatrali podanicima neba, a njihov život na zemlji bio je samo priprema za budući, večni život, negde na drugom svetu. Zato su u materijalnom svetu videli samo tamnicu. Tertulijan je pisao: „Kako ću se diviti, kako ću se smejati, kako ću se radovati, kako ću se ushićivati, kad budem posmatrao tolike mudre filozofe kako sagorevaju u živom ognju, zajedno sa svojim učenicima"

Hrišćani nisu mogli voleti naučna proučavanja, jer je mnogima vera bila „sve i sja" i, suprotno mnogoboštvu koje je hrišćanstvo imalo da zameni, nisu imali nimalo razumevanja prema neistomišljenicima. Dok je hrišćana bilo malo, na početku, ovo nije smetalo, jer nisu imali veliki uticaj.

Jedna od prekretnica u istoriji čovečanstva se desila 312. godine n.e. kada je Konstantin Veliki (vanbračni sin jednog rimskog oficira i „neke srpske krčmarice") koga su vojnici na bojnom polju izabrali za rimskog imperatora, iznenada prihvatio hrišćanstvo. Carskim ukazom 390. godine n.e, zabranjena je mnogobožačka vera u celoj zemlji, a hrišćanstvo je postalo vrhovni zakon.

Rim je sa svojim varvarima osvojio Alarih, 20 godina kasnije. Tada

su i pobednici prihvatili hrišćanstvo, čime se nad Evropom spustilo „mračno doba", doba koje je sputavalo svaku oštroumniju ljudsku misao i skoro svaku ljudsku delatnost.

Predstoji prikazivanje naučnog duha Aleksandrije do njenog propadanja. Taj duh su nosili veliki umovi poput Euklida, Arhimeda, Apolonija, Aristarha, Eratostena, Ptolomeja i drugih.

3.3.2. Euklidovo učenje

Euklid (oko 330 – 275. godine p.n.e) je prvi veliki matematičar Aleksandrije. Misli se da se obrazovao u Atini. Bio je bibliotekar i rukovodilac matematičkog odeljenja biblioteke. Istovremeno je držao predavanja na univerzitetu. Po njegovom najčuvenijem delu „Elementi" predavala se geometrija do današnjih dana. „Elementi" predstavljaju delo od 12 knjiga, a 13. sadrži zbirku nekih nepovezanih pojedinosti. Delo je dobrim delom kompilacija, jer su mnogi problemi u njemu već bili objavljeni dok je Euklid bio dečak, a neke od njih rešili su pitagorejci. Smatra se da je „Elemente" Euklid pisao u poznijim godinama, ne stigavši da ih dotera. Tako, npr, na dva mesta se obrazlaže da je kvadratni koren iz 2 nesamerljiv broj. U delu ima mnogo duhovitih rešenja.

Euklid je napisao još 4 knjige o geometriji, ali i o astronomiji, muzici, nauci o svetlosti. Izložio je zakone odbijanja svetlosti i zakon prelamanja svetlosti, do tada nepoznate. Ipak, pogrešno je shvatio prirodu svetlosti, prihvativši Platonov pogrešan stav „da se svetlost sastoji od zraka koji se kreću u pravim linijama, od oka, dok ne udare u neki predmet, koji tada oko vidi". Mislili su da je videti neki predmet isto što i pipati rukama po mraku. Euklid je tvrdio da „svetlost ne može da polazi od nekog predmeta i otuda u naše oko, jer ako bi tako bilo, ne bi nam se dešavalo da ne primetimo iglu na podu, što nam se često dešava".

3.3.3. Arhimedovo učenje

Najveći od svih aleksandrijskih naučnika bio je **Arhimed** (287 – 212. godine p.n.e). Neko vreme je učio u Aleksandriji, a zatim se vratio u svoju postojbinu, Siciliju. Tu je, u Sirakuzi, i poginuo, od rimskih vojnika, koji su zauzeli grad posle trogodišnje opsade, u poznatom II Punskom ratu. Arhimeda su ubili dok je na pesku iscrtavao linije i vršio proračune. Zanesen radom, opsovao je jednog vojnika koji mu je stao na crtež. To je bilo kobno za njega. Kako je napisano, komanda vojske je bila naredila vojnicima da ne diraju Arhimeda i njegovu kuću. Rimski osvajači su mu podigli veliki spomenik iznad groba. Na kamenu je bila urezana figura valjka opisanog oko lopte. Kažu da mu je bila želja da bude sahranjen ispod takvog spomenika.

Arhimedovo delo je raznovrsno i obimno. Da nije bilo ratova dok je živeo, nesumnjivo da bi još puno postigao. On je smatrao da znanja valja sticati radi znanja, a ne radi neke praktične primene ili zarade. Zbog ratnih vremena, upravo se istakao po primeni znanja. Tako je 214. godine p.n.e, pomoću sočiva i ogledala popalio brodove koji su opsedali Sirakuzu. Mnogi naučnici su u to sumnjali sve do 1973. godine, kada su grčki inženjeri upotrebili 70 ogledala veličine 1,5 × 1 m. Uspeli su da zapale drveni brod sa rastojanja od 50 m. Ogledala su skupljala sunčevu svetlost i usmeravala je u jednu tačku broda. Takođe se smatra da je on uspeo da izmisli katapult kojim je vojska koja je opsedala grad držana na većem rastojanju od njegovih zidina. Zatim je poznat i *Arhimedov zavrtanj* kojim se izvlači voda iz dubine. Izmislio je i dizalicu kojom su brodovi spuštani i dizani sa mora.

Najpoznatiji je bio po tačnom merenju specifične težine raznih materija. Stavljao bi masu poznate težine u neki sud napunjen vodom do vrha. Zatim bi izmerio težinu istisnute vode. Npr, ako stavi predmet težak 12 kg, a prelivena voda bude teška 1 kg, saznao bi da je komad te materije 12 puta teži od vode iste zapremine, pa je njegova specifična zapremina 12 puta veća od vode. (Specifična zapremina vode je 1 kg/m^3). Tako je Arhimed formulisao i njegov poznati zakon „svako telo potopljeno u tečnost gubi prividno od svoje težine onoliko koliko je teška njime istisnuta tečnost". Ovaj zakon je otkrio boraveći u javnom kupatilu. Sluga mu je nasuo kadu vodom do vrha. Istisnuvši deo vode iz kade, osetio je da je lakši u vodi. Ovo otkriće se desilo pošto ga je mučio problem koji mu je nametnuo njegov tetak, kralj Neron od Sirakuze. Kralj je sumnjao da ga je pokrao zlatar koji mu je napravio krunu, iako je ustanovio da je kruna bila teška jednako kao predato zlato.

Priča kako je Arhimed otkrio tu prevaru, brzo se pročula. Zlatar je, naime, za izlivanje krune upotrebio i deo znatno jeftinijeg srebra, koje je prethodno pozlatio. Otkrivši sve to pri pomenutom kupanju, Arhimed se zaboravio obući i istrčao na ulicu vičući: „Eureka, eureka!" (Pronašao sam!)

Njegov matematički rad je obiman i obuhvata razne oblasti. Mnogi poznati obrasci iz geometrije pripisuju se njemu (površina kruga, površina i zapremina lopte, kupe i piramide). Sasvim dobro je izračunao vrednost broja π (gde je π odnos obima kruga i prečnika) i rešio mnoge matematičke probleme.

U to doba, Grci su još uvek upotrebljavali slova za obeležavanje brojeva, a u primeni je bilo više metoda. U Aleksandriji su brojeve 1 do 9 obeležavali sa prvih devet slova grčke azbuke (α do ι) a desetice od 10 do 90 sa narednih devet slova, itd. Arhimed je taj komplikovani način pisanja i računanja, naročito velikih brojeva, pojednostavio uvodeći broj sto miliona i kvadrat, kub i naredni stepen toga broja.

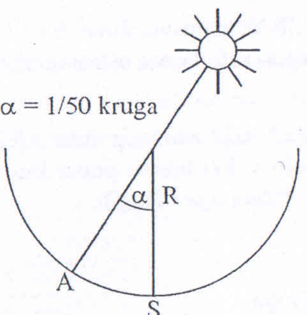
Arhimed je pisao i o načinu primene poluge i kotura, o spiralama, (naročito o onoj poznatoj, Arhimedovoj spirali), površini parabole itd. Njegove rasprave o ovom, uglavnom su izgubljene.

I dok je Arhimed bio pronalazač po nuždi, a naučnik po opredeljenju, **Heron** iz Aleksandrije je bio genijalni pronalazač po opredeljenju. Ne zna se kada je tačno živeo, ali se pretpostavlja, jedno stoleće posle Arhimeda. Izmislio je ogroman broj mehaničkih naprava. Daleko najpoznatija mu je bila parna mašina.

Para je stvarana zagrevanjem vode i dovođena je u šuplju cev koja se mogla okretati oko jedne ose. Četiri cevi vodile su iz nje u okolni vazduh. Bile su savijene tako da je para koja je iz njih izlazila pokretala glavnu cev svojim pritiskom iznad, slično načinu kako se sada pokreću mlazni avioni. Ovo je prvi poznati primer da se energija stvorena sagorevanjem goriva pretvara u energiju kretanja. Novo „otkriće" ove vrste usledilo je u XIX veku pojavom parne mašine koja je unela revolucionarne promene u proizvodnji, pokretanjem raznih mašina.

3.3.4. *Eratostenovo učenje*

Eratosten (oko 276 – 195. godine p.n.e) je bio glavni upravnik Aleksandrijske biblioteke. Po dva osnova je bio najčuveniji čovek antičkog doba: po naučnom doprinosu i funkciji koju je dugo obavljao, kao i po svojoj atletskoj građi i snazi. Pisao je o mnogim problemima, ali je najpoznatiji po tome što je prvi, dosta tačno, izračunao obim Zemlje. Njegov način izračunavanja je vrlo duhovit. Naime, on je 330. godine p.n.e. doznao od jednog putnika koji je boravio u Sieni (današnji Asuan, u Egiptu, gde se nalazi poznata brana na Nilu) da je Sunce jednog letnjeg dana, (oko solsticija, 22. juna) u podne, bilo tačno u zenitu. Do tog saznanja je došao uvidevši da je dno nekog bunara bilo osvetljeno. Eratosten je druge godine u isto vreme sproveo jednostavno merenje u Aleksandriji. Uzeo je posudu sa dnom polusfernog oblika, poluprečnika *r*, sl. 3.2.



Sl. 3.2. Eratostenov način merenja obima Zemlje.

U sredinu posude pričvrstio je vertikalni stubić koji je bio visok kao poluprečnik polusfernog suda. Tog dana, u podne, izmerio je dužinu senke koju je štap ostavio (*SA*) i ugao između sunčevog zraka i štapa (α). Izmerio je da je taj ugao iznosio 1/50 deo od punog kruga (7°12'). Zaključio je, da je tada bio u Sieni, i izveo ista merenja, da bi taj ugao bio nula. Ta razlika u veličini ugla se pojavila zbog zakrivljenja Zemlje (jer je i ona sfernog oblika). Poznavajući dobro geometrijska pravila, uvideo je da mu to može poslužiti da izračuna obim Zemlje. Dakle, bilo mu je poznato da rastojanje između Aleksandrije i Siene (Siena je južno od Aleksandrije) iznosi 5000 stadija. To je grčka mera i ne zna se tačno koliko je iznosila. Verovatno oko jednu šestinu kilometra. Eratosten je ispravno zaključio da je rastojanje između Aleksandrije i Siene 1/50 deo obima kruga (Zemlje) te je ceo obim jednak 5000 stadija · 50 = 250 000 stadija = 41 666 km. Savremenim merenjima ustanovljeno je da je obim Zemlje 40 000 km.

Eratosten je odredio i nagib ose oko koje rotira Zemlja prema horizontalnoj ravni (ravni ekliptike). Našao je da on iznosi 11/166 od punog kruga, što predstavlja 23°51'. Tačna merenja su pokazala da iznosi 23°46'. No, valja naglasiti da se taj ugao menja u dugom vremenskom periodu.

3.3.5. *Ptolomejovo učenje*

Sledeća velika ličnost aleksandrijske epohe je Klaudije **Ptolomej** (___ – 168. godine n.e.). Premda nosi prezime vladajuće loze, nisu ustanovljene njegove rodbinske veze s njom.

Ptolomej je držao predavanja u Aleksandriji između 127. i 151. godine n.e. Njegovo najpoznatije delo je „Almagest". Ta knjiga ima isti značaj

u astronomiji kao Euklidovi „Elementi" u matematici. Ovo delo se sastoji od trinaest knjiga. U knjigama ima originalnih radova, kao i onoga što je uzeto od ranijih pisaca, naročito Hiparha. U prvoj knjizi se nalazi tablica prirodnih sinusa, a u drugoj trigonometrija. Ustanovio je mesta za 1022 zvezde i dao je teoriju kretanja planeta. I kod njega se Sunce i Mesec kreću kružnim putanjama oko Zemlje. Prikaz kretanja je očigledno pogrešan, ali se i on, kao i drugi u to doba, bavio onim što im se činilo, a ne stvarnim kretanjem. Zanimljivo je i to da je Ptolomej predvideo Ajnštajnovu teoriju, jer je govorio da su putanje planeta najkraće moguće linije u četvorodimenzionom prostoru.

3.3.6. *Alhemija u Aleksandriji*

Alhemija nas danas podseća na razne gluposti i prevare. Međutim, ona obeležava ranu fazu hemije. Njenu primenu u Aleksandriji vršili su sveštenici. Držali su u tajnosti mnoge recepte. Ipak, puno toga je ostalo zapisano u jednoj zbirci papirusa iz III veka n.e, koja se čuva u Lejdenu, Holandija.

Glavni cilj alhemije je bio pretvaranje metala u plemenite metale, zlato i srebro. Tako je, u III veku, u Aleksandriji je razvijena izrada jeftinih predmeta, imitacija srebra i zlata. Pravljena je smeša od velike količine prostih metala i nešto malo zlata, od koje su dobijani predmeti željenog oblika, koji su zatim potapani u kiselinu, nešto poput današnjeg graviranja. Kiselina bi nagrizla proste metale, ali ne i zlato, pa je izgledalo da je ceo predmet od zlata. U postupku nije bilo nikakve prevare, jer je istovetan sa današnjim elektroposrebravanjem. Alhemija je primenjivana u Aleksandriji sve dok je nije, u III veku naše ere, zabranio imperator Dioklecijan, a sve knjige koje su o tome svedočile, zapalio. Prvi alhemičari se nisu bavili prevarama, ali su kasnije počeli tvrditi kako čvrste metale pretvaraju u zlato alhemijskim postupcima.

3.3.7. *Kraj Aleksandrijske škole*

Krajem IV stoleća (naše ere) već je bilo splaslo nadahnuće za stvaranje novih naučnih dela. Uglavnom je bilo prisutno tumačenje i prepričavanje slavnih dela iz već davno prošlih vremena. Tako je Teon napisao tumačenje čuvenog „Almagesta" i ponovo izdao Euklidove „Elemente". Pojavljuje se i njegova kćerka Hipatija, kao jedina poznata žena naučnik Starog veka. Napisala je tumačenje za Apolonijeve preseke kupe i Diofantovu algebru.

Tada je netrpeljivost hrišćana prema svakom nehrišćanskom učenju bila zastrašujuća. Nauka je ionako izdisala, pa nije imalo razloga na nju sručivati netrpeljivost. Hrišćani se, očito, nisu brinuli za nauku, već svu pažnju posvetili teološkim raspravama. Tvrdili su da je podržavanje netačnih teoloških učenja smrtni greh, pa su primenjivali neverovatne kazne. Nailazi se na zapise o odsecanju ušiju, jezika ili desne ruke onima koji su imali drugačije mišljenje o tome da li je bog – sin od iste materije kao i bog – otac, ili su samo slične. Hrišćanstvo je imalo krilaticu „ne ispituj, već veruj". To mora da je zaplašilo slobodnoumni naučni duh.

Crkva je bila svemoguća. Njen arhiepiskop Teofilo, bio je, kažu, „stalni neprijatelj mira i vrline, drzak i opak čovek čije su ruke bile poprskane zlatom i krvlju". Njegovom zaslugom je 390. godine uništen deo čuvene Aleksandrijske biblioteke. Sveti Ćirilo, njegov sinovac, nasledio ga je na arhiepiskopskom tronu, zavideći Hipatiji na njenom uticaju. Ona, „neznabožac", je tako dobro poznavala nauku da je to bilo opasno po hrišćanstvo. Pretpostavlja se da je po njegovom nagovoru, rulja hrišćana, uglavnom kaluđera, ubila Hipatiju 415. godine. Cepali su ljušturama morskih školjki meso sa njenih kostiju.

Neki misleći ljudi iz Aleksandrije su se preselili u Atinu, gde je još životarila Platonova akademija, kao oaza „neznaboštva". I nju je sve više zahvatalo hrišćanstvo. Tako se njen profesor Prokulus, (412 – 485) tadašnji najveći naučnik, suprotstavio mišljenju o biblijskom nastanku sveta. Naravno, prećeno mu je smrću, na šta je on odgovorio: „Nije važno šta će oni učiniti mome telu; kad umrem, svoj duh ću poneti sa sobom". Najzad, car Justinijan je 529. godine zabranio „mnogobožačko učenje" u Atini. Tako se ugasila Atinska škola.

Značajnu prekretnicu tog doba predstavlja proglašenje cara Konstantina, kojim se Bizantijum – Konstantinopolj – Carigrad, proglašava za prestonicu. Namera Konstatntina je bila da taj grad postane centar dostojan velike carevine. Međutim, postao je grad „sladostrašća i najnižeg zadovoljstva". Ipak je ostao središte grčke kulture na Istoku, sve dok ga nisu zauzeli Turci, 1453. godine. Tokom 800 godina, Vizantija nije doprinela razvoju nauke, ali je mnogo toga sačuvala od uništenja.

Od teoloških sukoba u Vizantiji, nauka je indirektno imala koristi. Sledbenici vladike Nestora, čije je tvrđenje, da je Hristos spoj dve prirode, božanske i ljudske, 431. godine proglašeno za jeres, preselili su se u Mesopotamiju. Pošto ni tamo nisu imali mira, otišli su još dalje, u Iran, gde su se slobodno bavili naukom i književnošću. Napisali su mnoga originalna dela na sirijskom jeziku, koji je postao opšti jezik zapadne Azije. Na taj jezik su

preveli velika dela Aristotela, Platona, Arhimeda, Euklida i drugih.

Konačni kraj Aleksandrijske škole došao je 624. godine, kada su muslimani osvojili grad i razorili ostatke velike biblioteke. Kalif Omar je opravdao ovo nedelo tvrdnjom: „Ako se grčki spisi slažu sa božjom knjigom, onda su oni nekorisni i ne treba ih čuvati, a ako se ne slažu, oni su opasni i treba ih uništiti". Knjigama iz biblioteke, paljenjem su zagrevana kupatila u gradu punih šest meseci.

3.4. Nauka u mračnom periodu

3.4.1. Uvod

Mračno doba obuhvata dugi period, od 642 – 1453. godine. Videli smo kako se nauka burno razvijala, selila prema centrima moći, da bi na kraju propale sve velike škole. Pojedine manje grupe naučnika su izmicale zloj sudbini sredina u kojima su stvarale, preseljavajući se u druge krajeve i prenoseći deo elana kojim su bile snabdevene.

Glavno obeležje ovog vremenskog perioda predstavlja buđenje muhamedanstva. Arabiju su naseljavala nomadska plemena. Među njima je bilo i vizionara i primitivnih. U toj oblasti se 570. godine rodilo dete čija je majka odmah po porođaju umrla. Nadenuli su mu ime Muhamed. On će obeležiti dalje epohe. Odgajio ga je bogati deda. Kao i drugi, živeo je u pustinji, nomadski. Postao je i vođa karavana, oženio se sa bogatom udovicom Hadidžole. Najbližim prijateljima i njoj se poverio da je doživeo priviđenje da postoji samo jedan bog, i da je on, Muhamed, njegov prorok. Kada se za to saznalo, počeli su da ga ismevaju i progone, pa je 622. godine pobegao u Medinu, gde stiče veliki broj sledbenika za svoju religiju. Odatle je propovedao i sveti rat. Arabljani su krenuli u vojnička osvajanja. Za nekoliko godina su osvojili Palestinu i Iran, zatim Siriju 636, Egipat 639. godine. Aleksandriju su zauzeli 642. Potom su se širili prema Indiji, Španiji i zapadnoj Evropi. Velikom brzinom su stvorili najveću carevinu koju je svet do tada poznavao. Raspala se posle četiri veka.

Osvajajući, prigrabili su i ostatke naučnih aktivnosti. Središte Nestorovih sledbenika, grad Gandisapur, bio je centar kulture za arapsku državu. Promene dovode do premeštanja centra u Bagdad, gde je arapski jezik zamenio sirijski. Tu su vredni nestorijanci preveli grčke klasike na arapski jezik.

Nešto znanja došlo je iz Grčke, kao i Indije. Arapski osvajači počeli su da obolevaju od njima nepoznatih bolesti. Zato su u pomoć pozvali grčke lekare.

3.4.2. Nauka u Indiji

Do arapskog doba, induska civilizacija dala je mali doprinos svetskoj nauci. Tome je doprinela sveopšta religiozna atmosfera. Za njih je život bio pozornica na kojoj je čovek morao da pokuša da se spase savlađivanjem svoje ličnosti. Materijalni svet je bio bez značaja, a nauka je tavorila, ne zbog progona, već usled nezainteresovanosti. Po završetku V stoleća, u Indiju je upalo neko pleme Arijanaca, što uslovljava naučni procvat.

Jedan od viđenijih indijskih naučnika, tog ranog doba, je Arijabata. Rođen je 476. godine u gradu Patni. Izmislio je algebru nezavisno od Diofonta. Objavio je tablicu sinusa i pokazao kako se rešava kvadratna jednačina. Indija toga vremena nije dala svetu mnogo znanja. Ali, dala je jedan veliki poklon – princip mesnog pisanja i značenja cifara. To je i danas prihvaćeni sistem, po kome svaka cifra ima svoju vrednost koja zavisi od mesta u broju; mesto jedinice, desetice, stotine itd. Valja napomenuti da je takav sistem bio poznat u Vavilonu, ali ga je svet prihvatio preko Indije i Arabije. Nešto kasnije, rođen je indijski matematičar Baskara (1114. godine) koji je napisao knjigu u stihu, u obliku razgovora sa svojom kćerkom Lilavato, gde po prvi put objašnjava sve četiri osnovne računske operacije.

3.4.3. Nauka u islamu

Arabljani su bili čuvari naučnog znanja sveta. Izvrsni prevodioci, tumači i pisci rasprava, prikupljali su u carevinu sve što je bilo vredno i prevodili na arapski. Tako je čuveni Kalifa Harun al Rašid, 800. godine naredio da se na arapski prevedu dela Aristotela, lekara Hipokrata i Galena. I njegov naslednik, Al Mamum, poslao je izaslanike u Indiju da nađu još naučnih dela za prevod. Obezbeđujući, pri postojećem stanju, da se stečena znanja trajno sačuvaju, muhamedanci su napravili veliku uslugu nauci.

U nekim oblastim omogućili su i napredak nauke. Čuvena su dva imena iz hemije: Džabar-Ibn-Hajam i Gebir. Prvi je u drugom delu VIII veka objasnio kako se prerađuju arsenik i antimon, kako se prečišćavaju metali i kako se boje koža i tkanine. Imao je jedan netačan stav, da telo koje sagori gubi deo svoje materije. Dodao je još dva elementa, živu i sumpor, na četiri

koje su poznavali pitagorejci i Empedokle. Ovi elementi nisu imali značenje koje danas imaju. Njegovi sledbenici su dodali so kao treći element.

Poznato je da je Gebir proučavao i poboljšavao do tada poznate metode prečišćavanja, oplemenjivanja, topljenja, destilisanja i kristalisanja. Takođe je objasnio i spravljanje novih hemijskih jedinjenja, poput oksida i sulfida žive, sumporne i šalitrene kiseline. Arabljani su izučavali i svetlost. Kažu da je kula u Aleksandriji, Faros, bila opremljena napravama kojima je bilo moguće videti brodove na pučini, nevidljive golim okom. Tako Al Kindi (813 – 880) iz Basre i Bagdada, piše o nauci o svetlosti, a naročito o prelamanju svetlosti. Vek kasnije, čuveni Al Hazen (965 – 1038) proučavao je u Kairu dejstvo konveksnih i konkavnih ogledala i povećanja koja izazivaju sočiva. Još uvek je poznat Al Hazenov problem određivanja položaja izvora svetlosti i njegove slike stvorene sočivom. Radili su i na drugim problemima. Tako, Al Kirismi je napisao algebru koja je doprinela da se u zapadnoj Evropi uvede sadašnji način pisanja brojeva.

Muhamedanska nauka je lagano napredovala, sve do kraja X veka. Tada je prolazilo zlatno doba islama, slabljenjem carevine. I na Istoku su, poput hrišćana, nauku počeli da proganjaju zbog pogubnosti za veru. U Španiji, a naročito u Kordobi i Toledu, nauka se još razvijala. Tako, 970. godine, na podsticaj Abdul Al Rahmana III, u Kordobi su osnovane akademija i biblioteka. Arabljanske ideje su se prenosile preko zapadne Evrope. Gerbert, koji je kasnije postao papa Silvester II, uveo je 1003. godine arapski oblik na staroj rimskoj računaljci.

U to vreme, velik broj klasičnih knjiga bivaju prevođene sa arapskog na latinski jezik. Tako su dela Aristotela, Euklida, Arhimeda i drugih, bila dostupna tadašnjem kulturnom svetu, na jeziku koji su razumeli. Svakako najvredniji prevodilac je bio Đerardo iz Kremone (1114 – 1187). Boraveći u Toledu (stara španska prestonica) dobro je naučio arapski i preveo 92 dela.

Jedan od poslednjih darova koje je Zapad prihvatio od muhamedanske nauke, bio je tzv. arapski sistem brojeva. Taj sistem Arabljani su naučili u Indiji. Na kraju XIII veka, arapski sistem cifara postajao je shvatljiv i prilično je ušao u upotrebu. Tada je prolazilo vreme prevođenja i pisanja udžbenika, koje je bilo vrlo pozitivno. Nauka se sada povratila i nastavlja razvoj na novim osnovama.

3.4.4. Nauka Zapada

Paralelno sa radom na nauci u islamskom svetu, bilo je pojedinačnih znakova njenog života i u drugim usamljenim oazama. Obično se razvijala tamo gde je to, iz određenog razloga, podržao neko sa visokog položaja. Ali, to nije imalo nikakvog uticaja na šire mase, koje su imale nisko obrazovanje da bi ih nauka zainteresovala. Interesovanje se obično iskazivalo za lažne nauke, alhemiju, astrologiju, mađiju i sl.

Primera tih podsticaja nauke ima više. Tako, Karlo Veliki je 787. godine odlučio da pomogne prosvetu u svojoj državi. Zadužio je kaluđera Petra iz Pize i Alkuinu iz Jorka, koji su radili na njegovom dvoru, da to urade. Oni su preneli nešto znanja i sa Zapada i sa Istoka.

Izrazitiji primer takve pomoći nalazimo kod Fridriha II, vladara Svetog Rimskog Carstva (1194 – 1250). On je nazivan „svetsko čudo“, jer je bio darovit i kao naučnik i pesnik, vojnik i državnik. Bio je i poznavalac jezika. Sam se potrudio da bude u centru pažnje javnosti. Prvo, imao je velik harem žena. Drugo, gde god bi putovao, sa sobom je vodio veliki broj slonova, žirafa, kamila i drugih privlačnih životinja. Proglasio je Hrista, Mojsija i Muhameda za neznalce. Često se svađao i sa papom, zbog čega je dva puta isključivan iz crkve, jednom kad nije hteo da krene u krstaški rat i drugi put, kada je ipak odlučio da krene u rat. Uz sve ovo, interesovao se za matematiku, medicinu i astronomiju.

To je bilo vreme kada su se osnivali srednjovekovni univerziteti. Fridrih II je pomogao osnivanje univerziteta u Napulju i Padovi. Osim toga, jednoj grupi je dao da prevede sa arapskog izvestan broj dela. Time ih je učinio dostupnijim, postižući, izgleda, dva cilja: pomogao je razvoj nauke, ali je značajno napakostio papi. Slično ovome, i dva vizantijska cara, Lav VI i Konstantin VII, u X veku su bili oduševljni astronomijom, pa su je pomagali.

3.4.5. Nauka u kaluđerskim redovima

U isto vreme kad i srednjovekovni univerziteti, osnovana su dva kaluđerska reda: franjevci ili Mala Braća, 1209. godine i dominikanci, ili Velika Braća, 1215. Oba su imali uticaja na nauku. Ovi događaji su na početku imali čisto religiozni značaj.

Sveti Franja je bio sin bogatog trgovca iz Asizije. Iznenada je doživeo preobražaj. Napustio je bezbrižni i neuredan život, pa se posvetio pomo-

ći onima koji su patili. Propovedao je pokajanje. Sve ovo radio je s velikim oduševljenjem. Idući na konju, kada bi sreo nekog gubavca, sišao bi s konja da ga poljubi.

Zasnovao je red kaluđera kojima je bila dužnost da ga slede u propovedima koje su izlagali tako da ih razumeju obični ljudi. Obavljajući taj posao, uvideli su da je narod otrovan raznim jeresima. Da bi potisnuli jeres, posvetili su se sticanju i prenošenju istinskog znanja.

Najviđeniji među franjevačkim naučnicima, bio je Rodžer Bekn. Tek običan kaluđer, bez ikakvih visokih zvanja, prvo je učio u Oksfordu a zatim u Parizu. Negde oko 1250. godine, vratio se u Oksford, gde je sa uspehom predavao. Njegovo znatno bogatstvo brzo je iščezlo, pa je pristupio redu franjevaca. Otkrio je da mu čisto religiozni život ne odgovara, a starešine mu nisu dale da se bavi naukom. Posle deset godina susreo ga je stari poznanik, Gij de Fulk, tada papa Klementije IV. Pozvao ga je da ponovo počne sa naučnim radom, što je podrazumevalo dozvolu da ponovo piše. Bekn je papi poslao svoju knjigu „Opus majus", neku vrstu pregleda naučnih shvatanja toga vremena. Pošto je Klementije umro, 1268. godine, Bekn je ponovo došao pod udar franjevačkih starešina. U Parizu je, 1278. godine, osuđen zbog jeretičkih shvatanja, pa je veći deo preostalog života proveo u zatvoru.

Mislilo se da se Bekn, pored nauke, bavi i magijom. U nauci se mahom bavio zakonima odbijanja i prelamanja svetlosti. Objasnio je kako se sočiva mogu namestiti da posluže kao naočare. Njemu se pripisuje pronalazak naočara i teleskopa. Opisao je kako se mogu sagraditi vozila, brodovi i leteće naprave koje bi se pokretale mehaničkim putem. Takođe je razmatrao upotrebu ogledala i baruta za paljenje i mnoštvo drugih stvari koje su izgledale čudno za to doba. Dokazivao je da bi matematika trebalo da bude osnova sveg znanja, jer „samo ona može da pročisti duh i osposobi učenika da stekne svako znanje". Takođe se zalagao da samo ogledi mogu doneti znanje koje je izvesno, sve ostalo je nagađanje. Sve ovo danas je jasno. Tada nije bilo, jer ljudi nisu bili vešti da pred sebe postavljaju pitanja o prirodi.

Osnivač dominikanaca je Sveti Dominik (1170 – 1221), teolog koji je dostigao biskupsko dostojanstvo. Osnovao je red kaluđera propovednika kojima je bila dužnost da žive u krajnjem siromaštvu i asketizmu, kao i da istinito učenje prošire po svetu. I oni su uvideli da je za takvo propovedanje neophodno veliko znanje. Naročito su se trudili da dobiju mesta na univerzitetima. Imali su katedre na većini od njih. Njihova revnost za strogu primenu verskih propisa, iskazala se u inkviziciji, pa su glavni inkvizitori bili dominikanci.

Iz članova ova dva reda izašao je veliki broj naučnika, što je naročit slučaj za franjevce, dok su dominikanci bili mislioci. Najznačajniji među dominikancima je **Toma Akvinski**. Uopšte, on je najveći srednjovekovni teolog. Najpoznatije delo mu je „Summa contra Gentiles"(1259 – 1264). Tvrdio je da se znanje može steći na dva načina, putem vere i putem prirodnog razuma. Kako oba znanja potiču od boga, ne mogu biti u suprotnosti. Izgradio je svoj sistem mišljenja, poznat kao skolastika. Ime potiče od škole koju je Karlo Veliki zaveo u VIII veku. Prekomerno se baveći logičkim cepidlačenjem i teorijskim beznačajnostima, za koje obični ljudi nisu imali nikakav interes, u XVI veku ova nauka se ugasila. Kao što se ona uzdizala i pala, tako se s njom uzdizala i pala Aristotelova nauka.

3.5. Počeci savremene nauke

3.5.1. Uvod

Individualnim događajima je lako odrediti vreme početka. Ali, kada je nešto proces, kao što je tok naučne misli, onda je prelomne datume teže precizno odrediti. Taj problem se javlja i u ovom slučaju — preporodu naučnog duha, koji se postepeno uspostavljao posle hiljadugodišnje učmalosti. Ipak, i u tom postepenom toku mora se raspoznati najmarkantniji nosilac progresa. Opšte prihvaćeno mišljenje je da je ta ličnost u ovom slučaju — Leonardo da Vinči. Tako, kao početak ovog perioda, uzima se godina njegovog rođenja, 1452

I gornja granica je jedan međaš koji bi trebalo da je poznat. On može biti neka svetla tačka od koje počinje sjajni napredak, ili tačka koja još uvek svetli, ali se gasi, i posle toga nastaje tama u kojoj su lutanja i propadanja normalna pojava. Na sreću, gornja granica preporoda nauke je svetla tačka sa mnogo svetlijim nastavkom. Pošto je bilo više lučonoša te naučne buktinje, i svi pripadaju XVII veku, 1600. godina se uzima kao prelomna.

3.5.2. Doprinos Leonarda da Vinčija

Na sredokraći između Firence i Pize, nalazi se Empoli, u čijoj blizini se rodio Leonardo da Vinči (1452 – 1519). Njegov otac, firentinski advokat, u nevenčanoj ljubavi sa lepom devojkom sa sela, dobija vanbračnog sina.

Leonardo izrasta u lepog i stasitog čoveka, otmenog držanja i ponašanja, za kakvim se čeznulo na dvorovima, gde za negovan život nije nedostajalo bogatstva. Leonardo je, srećom, svoje potencijale u tom pogledu iskoristio i imao je bliske odnose sa tri dvora u Rimu, Milanu i Firenci. Njegove umne sposobnosti su prevazilazile njegovu telesnu lepotu.

Iz njegovih beležnica, svi se nepristrasno mogu uveriti u iznetu konstataciju. Kao mlad, bio je umetnik — slikar i vajar. Zatim je bio arhitekta, građevinar, filozof i naučnik iz raznih oblasti prirodnih nauka. Kao i mnogo šta drugo, nije stigao da napiše nameravane naučne knjige. Da je to uradio, voljnima bi dao oružje kojim bi pre došli do prestola znanja.

Kao što smo danas uvereni da se jedno telo ne može istovremeno naći na dva mesta, tako nas je i da Vinčijev rad uverio da, uprkos raskošnih potencijala, valja imati i dovoljno energije za rad. A energija nije nemerljiva. Tako, u nedostatku energije, praktično sve što je on radio, ostalo je nezavršeno. Njegovo najpoznatije dovršeno ostvarenje je objašnjenje one nejasne svetlosti koja se javlja na tamnoj strani Meseca u vreme mladine, kada se govori da je „stari mesec u zagrljaju mladog meseca". Da Vinči je to ispravno objasnio, da potiče od odbijene sunčeve svetlosti od Zemlje. Vršio je i oglede korisne u hidraulici i optici. Izradio je i mnoštvo planova i modela helikoptera, padobrana i brzometnih topova koji se pune sa zadnje strane. Detalje čovekovog tela je nacrtao na preko 750 crteža, čime je svrstan u red prvih anatoma sveta.

Dobro poznavajući čovekovo telo, ispravno je zaključio da je krvotok sličan kružnom toku kiše, „koja pada iz oblaka kao kišnica, zatim se sliva u reke i mora, odakle isparava i vraća se naviše, u oblake, da tamo završi krug i opet siđe na zemlju, u obliku kiše". Krvotok je još poredio sa peći koju ložimo drvima i ugljem. Po njemu, „krv donosi nove sastojke raznim delovima tela, a odnosi istrošene, kao kada ložimo peć, a odnosimo pepeo". Leonardo je shvatio da sila proizvodi ubrzanje, a ne kretanje, pa time osporio Aristotelovo gledište da je sila potrebna za kretanje.

Leonardo je mnogo stvari, koje su kasnije dokazane, nagovestio. Toliko je toga bilo urađeno da se ne može drugačije objasniti nego njegovom genijalnošću. Jer, zamislimo drugu krajnost: kakva bi to „luda sreća" mogla nekog da prati, pa da u tako dugom nizu mogućih odgovora, uvek pogodi baš onaj ispravni?

Leonardo je učinio najveći doprinos nauci time što je postavio principe kojima bi se trebalo rukovoditi pri naučnom radu. Govorio je da se nauka mora zasnivati na posmatranju. Matematiku upotrebljavati za proanalizi-

ranje zapažanja, a sve je potrebno da prati ogled kojim bi se proverili krajnji zaključci. Kao što smo videli, njegovi naučni pogledi su bili slični sa pogledima Rodžera Bekna, iskazanim jedan vek pre njega. Međutim, Leonardo je bio prethodnik Njutnu, time što je govorio (nije dokazao) da se cela vasiona kreće po stalnim zakonima mehanike.

3.5.3. *Naučni doprinos Kopernika*

Nikola Kopernik (1473 – 1543) se rodio u Torinu. Roditelji su mu iz Poljske. Otac mu je umro kada je imao 10 godina, pa je o njegovom daljem školovanju brigu preuzeo njegov ujak, ugledni crkveni velikodostojnik. Studirao je dugo, do 30. godine, ne zato što je bio loš student, već zato što je menjao razne univerzitete u Evropi. Tada kulturni čovek nije ograničavao polje svog interesovanja. Zbog toga, onaj ko je mogao materijalno da podnese, odlazio je u više univerzitetskih centara za proširivanje znanja.

Kopernik je stekao klasična znanja iz matematike, astronomije, medicine, prava, ekonomije i teologije. U crkvi je postigao visoko zvanje. Lečio je siromašne bolesnike, kao i svoju bolesnu sabraću sveštenike. Istovremeno je pisao o mnogim problemima iz ekonomije. Bio je finansijski savetnik Poljske vlade. Za sebe je pravio razne instrumente i slikao, uspešno vodeći administrativne i upravne poslove velikih dobara. Bio je i diplomata na jednoj konferenciji o miru. Iako širokog obrazovanja i raznoraznih sposobnosti, najviše se bavio matematikom i astronomijom. Držao je predavanja na raznim srednjovekovnim univerzitetima iz predmeta koje je i sam slušao: Euklidovu geometriju, sfernu trigonometriju, geografiju i Ptolomejevu astronomiju.

Ptolomejeva astronomija je još uvek predstavljala zvaničnu crkvenu i univezitetsku astronomiju. Izvestan broj naprednih mislilaca iskazivao je sumnju u nju, zastupajući stavove slične Aristarhu, po kome je Sunce središte vasione, a ne Zemlja. Dok je studirao na Univerzitetu u Bolonji, takvo mišljenje je zastupao i njegov profesor matematike i astronomije, Domeniko Novaro, koji je tvrdio da je Ptolomejeva astronomija suviše zamršena. Može se pretpostaviti da su ovakva predavanja snažno uticala na mladog Kopernika, kada se vratio u Poljsku, na položaj starešine katedrale u Flauenburgu.

Kopernik je bio neiskusan u praktičnim merenjima iz astronomije. To mu je zadavalo velike probleme kada je hteo da formuliše putanje planeta. Poklanjao je podjednaku pažnju svim osmatranjima, dobrim, lošim, starim i savremenim, uključujući tu i nekoliko svojih, ne težeći tačnosti. Govo-

rio je da bi bio srećan kao Pitagora, kada je otkrio svoju čuvenu teoremu o pravouglom troglu, kada bi postigao tačnost merenja od 10 lučnih minuta.

Kopernik je u objavljenoj knjizi pokazao da se Zemlja okreće i oko svoje ose i oko Sunca. Bilo je puno zamerki na takav stav. Jedna od njih je bila da, ako se Zemlja okreće jedanput za dan, onda bi strašno jaki vetrovi duvali sa zapada na istok. Tako, ako bi neka ptica uletela u taj vetar, ne bi bila u stanju da se vrati u svoje gnezdo. Kopernik je objasnio da se i vazduh okreće zajedno sa Zemljom. Protivnici su još tvrdili da, ako se Zemlja okreće, sve na njoj bi se razletelo u paramparčad. I za to je Kopernik imao objašnjenje: ako su prividna obrtanja zvezda oko Zemlje posledica nekog stvarnog okretanja, onda bi pre one trebalo da se razlete u komade, jer je njihov obim veći od obima Zemlje.

Kopernik je dokazao ispravnost svog učenja bar malom broju ljudi koji su bili u stanju da razumeju njegove dokaze. Tako, njegova tvrdnja da je Zemlja mala planeta koja, slično ostalim, kruži oko daleko većeg Sunca, bila je jasno dokazana. Očekivalo se da će takav zaključak napraviti veliki preokret u glavama mislećih ljudi. To se ipak nije dogodilo. I sam Kopernik je tome delimično doprineo, jer je svoja tvrđenja donekle pokvario preteranom razradom i tumačenjima.

3.5.4. Đordano Bruno, doprinos i stradanje

Đordano Bruno (1547 – 1600) se rodio blizu Venecije. Postao je dominikanac u 15. godini. Bio je nemirnog duha, s dosta šarlatanstva i nadrilekarstva. Kao takav, zadavao je dosta problema manastirskim starešinama. Doznao je da ga smatraju jeretikom u vezi pričešća i bezgrešnog začeća, pa je pobegao iz Italije. Dugo je lutao po Evropi. Neko vreme držao je predavanja na univerzitetima u Lionu, Tuluzu, Monpeljeu i Parizu. U London je došao 1583. godine. Tu je odštampao prve knjige napisane na italijanskom jeziku (sa lažnim oznakama štampara iz Venecije). Od naročitog naučnog interesa je knjiga „Dell' infinito Universo e Mondi" (O beskrajnoj vasioni i svetovima). U njoj, pored ostalog, piše: „Meni se čini nedostojno božanske dobrote i moći stvoriti neki ograničeni svet, kada je moguće načiniti pored njega i još druge, bez kraja. Zato sam ja i izjavio da ima i drugih beskrajnih svetova sličnih ovoj Zemlji; kao i pitagorejci, i ja Zemlju smatram zvezdom, a njoj su slični Mesec, planete i druge zvezde koje su bezbrojne, a sva ova tela su svetovi".

Bruno je iz središta vasione pomerio ne samo Zemlju, već i Sunce,

što znači da središta više nema. Crkva je prešla preko Kopernikovih učenja, ali ova revolucija uma je zadirala mnogo jače u njene interese. Religija ne bi značila ništa ako se jasno ne odvoje stvoritelj i njegovo delo. A Bruno je tvrdio da su oni isto. Crkva je pakao postavljala u utrobu Zemlje, a nebo iznad „zvezdane sfere". Brunova vasiona nije ostavljala mesto za neko materijalno nebo. Njegovo učenje bi zahtevalo velike izmene u učenju crkve, inače bi bog postao samo božanstvo planete Zemlje. Iz Brunovog učenja se sada vidi da postoji beskrajno mnogo drugih svetova iste vrste, za koje stvoritelj takođe može biti zainteresovan. Sve ovo je bilo isuviše neprijateljsko crkvenim učenjima, da bi crkva tek tako prešla preko toga.

Đordano Bruno verovatno nije bio svestan tog neprijateljstva, pa se vratio u Italiju, 1593. godine. Inkvizicija je to doznala i držala ga u zatvoru 7 godina. Konačno mu je presuđeno: „Kazniti ga najblaže i bez prolivanja krvi", što je zapravo značilo spaliti ga živa na lomači. Inkvizicija nije imala običaj da objavi obrazloženje svoje presude. Po osudi, Bruno je rekao: „Izgleda da ste se vi koji ste me osudili, više uplašili nego ja". Tako je Bruno spaljen, a njegov uticaj na čovekovu misao dalje se mogao širiti samo preko malobrojnih spisa koji su ostali iza njega.

3.5.5. Razvoj u oblasti mehanike

I Arhimed je dao krupan doprinos mehanici. Međutim, njenu čvrstu osnovu su postavili Flamanac Stevinus i Italijan Galileo Galilej. Prvi se uglavnom bavio statikom, a drugi dinamikom. Iako su bili savremenici, oni su do rezultata dolazili nezavisno jedan od drugog.

Stevinus (1548 – 1620) se rodio u Brižu. Bio je inženjer sa visokim vojnim činom. Njegov prvi doprinos se odnosi na zakon slaganja sila pomoću paralelograma. Bavio se i principima poluge i koturova. Pokazao je da pritisak u ma kojoj tački nelepljivih tečnosti zavisi samo od visine tečnosti iznad te tačke. To je važno otkriće, jer je do tada bilo puno zabluda.

Galileo Galilej (1564 – 1642) se rodio u Pizi, istog dana kada je Mikelanđelo umro (18. februara). Otac mu je bio siromašni plemić. Obrazovao se u manastiru Valombroza. Učio je grčki i latinski jezik i logiku. Prirodne nauke su mu bile odvratne. Otud ga otac šalje da studira medicinu u Pizi. Slučajno je pošao da sluša neko predavanje iz geometrije, posle čega prelazi da studira prirodne nauke. Zbog siromaštva, napušta studije i vraća se u Firencu. Tu je držao predavanja i stekao ugled dobrog naučnika. Zato je, sa svojih 25 godina, pozvan za nastavnika na Univerzitetu u Pizi, koji pretho-

dno nije završio. Imao je oštar jezik i lošu narav, pa je tu ostao samo dve godine, posle čega je predavao matematiku u Padovi.

Boravak u Pizi je iskoristio da ispita slobodni pad tela koje je puštao sa vrha Krive kule (tornja). No, za to je trebalo tačno meriti vreme. Sunčani, peščani i vodeni sat, veoma grubi mehanički časovnici, sveća ili ulje u svetiljci, nisu mogli zadovoljiti Galileovu potrebu za preciznim kratkotrajnim vremenskim intervalom koji je hteo da izmeri. Dosetio se da pusti vodu da kaplje u jednu posudicu. Pritom, veoma tačno je merio količinu nakapale vode. Zbog toga što je slobodni pad kroz vazduh bio kratak, najpre je puštao veoma uglačanu loptu da pada niz blago nagnutu ravan. Verovao je da isti zakon važi za oba ta pada. Dokazao je da brzina pri slobodnom padu jednako raste sa vremenom. Tako nastaje zakon jednakog ubrzanja, izuzetan trenutak u istoriji prirodnih nauka.

Galilej je izučavao i kako bi se telo kretalo kada bi na tom putu delovala sila u nekom drugom smeru od smera kretanja. Imao je u vidu zrno koje leti kroz vazduh. Pokazao je da bi njegova putanja bila parabola ako bi otpor vazduha bio mali. To je jedna od linija preseka kupe na koje su Grci utrošili mnogo strpljivog rada.

Još za vreme boravka u Pizi, posmatrao je kako se pri vetru ljulja fenjer obešen na katedrali. Umesto sata, koga nije imao, za merenje intervala klaćenja brojao je otkucaje svoga srca. Kasnije je, u laboratoriji, pokazao da je to bilo tačno merenje. Ispitivanje kretanja klatna mu je bilo podsticaj da otkrije način merenja vremena. Ipak, ni on, ni njegovi sin Vinčenco, i učenik Vivijan, kome je davao uputstva, to nisu uradili, već je taj pronalazak prvi zaštitio Higens, 1657. godine, opisujući ga 1673. godine u radu „Horologium oscillatorium" (Časovnik sa klatnom).

Galilej se bavio i hidrostatikom. Sledbenici Aristotelove škole smatrali su da oblik nekog tela određuje da li će ono plivati ili potonuti u vodi. Arhimed je znao da to nije tačno, već da to određuje specifična težina. Ali, odlučujući sjajni dokaz tome, dao je tek Galilej, krajnje jednostavnim eksperimentom. Pustio je voštanu lopticu da potone na dno suda napunjenog vodom. Zatim je vodi povećao gustinu sipajući u nju so. Kada se gustina vode povećala do kritične vrednosti, loptica je lagano isplivavala na površinu. Dakle, pokazao je da telo ne tone ili plovi zbog svog oblika, već zbog odnosa svoje i gustine tečnosti u koju je potopljeno. Galilej je oslepio 1637. godine. Neki misle da je to zbog gledanja u Sunce bez dovoljne zaštite očiju. O njemu kao astronomu biće govora u poglavlju 3.6.3.

3.5.6. Ostali značajni doprinosi

U značajna dela toga vremena valja pomenuti knjigu **Viljema Gilberta** (oko 1540 – 1603) „De magnete" (O magnetu). On je bio lični lekar engleske kraljice Jelisavete. U knjizi se nalaze razni opisi, ali je naročito obrađen elektricitet. Na kraju knjige, značajan deo zauzima i Brunovo učenje o koncepciji vasione. Knjiga nije zabranjena, a Bruno je, kao što je poznato, spaljen.

Poučno je kazati nešto o još jednoj ličnosti toga vremena, ne toliko po dobrim naučnim rezultatima, već kao primer lošeg ponašanja u nauci. Švajcarski naučnik **Aurelije Filip Teofrast Bombast od Honehajma** (oko 1490 – 1541) bio je, pored ovako dugog imena, poznatiji pod njegovim latinskim imenom **Paracelzijus**. Studirao je medicinu i bio profesor medicine u Bazelu. Bio je nesnosno uobražen, nabusit i razmetljiv. Kada je postao profesor, ispoljio je veliki prezir i mržnju prema svojim prethodnicima Galenu i Avicenji. Javno je spaljivao njihova dela. Da su bar njegova dela bila vredna, razumeo bi se njegov stav. Ali su bila veoma loše napisana i praktično ih je bilo nemoguće razumeti.

On se ipak smatra prvim pravim hemičarem u prirodnim naukama. Bavio se hemijom za potrebe lečenja ili jatrohemijom, kako se tada govorilo.

O doprinosima na polju meteorologije, govoriće se u posebnom delu ove knjige. Sada ističemo još neke značajne rezultate iz oblasti matematike. Među viđenijim matematičarima toga doba bio je **Nikola Fontana** (1500 – 1559), poznatiji pod imenom *Tartalja* — Mucavko. Mucao je zbog toga što su Francuzi, dok je bio mali, opljačkali njegov grad Brešu, razbili mu glavu i polomili vilicu i nepce. Bio je profesor matematike u Mlecima. Objavio je knjigu „Nova Scientia" (Nova nauka). U njoj je opisao kretanje tela pod uticajem privlačne sile Zemlje. Pokazao je da bi domet zrna bio najveći kad bi se ispalilo pod uglom od 45° u odnosu na tlo. Našao je i neka rešenja kubnih jednačina.

Fransoa Viet (1540 – 1603) svakako zaslužuje da se pomene. Bio je pravnik u Francuskoj, ali je slobodno vreme posvetio matematici. Primer je onih koji su profesiju podredili hobiju. Naročito je postao poznat pošto je rešio problem koji je sadržavao jednačinu 45. stepena. Problem je postavio Adrian Romanus, profesor matematike na Univerzitetu u Luvenu. Tim problemom je izazivao ceo svet, misleći da ga niko neće rešiti. Francuski kralj, Anri IV, skrenuo je pažnju Vieti na matematički „dvoboj". Vieta je već bio pripremio obrazac za računanje sinusa ugla ($sin\alpha, sin2\alpha, sin3\alpha... sin\ n\alpha$) pa je mogao da preda kralju rešenje za nekoliko minuta. Rešenje je bilo $sin4°$.

On je daleko značajniji po tome što su, zahvaljujući njegovom radu, u matematiku uvedeni decimali i savrmene oznake.

3.6. Vek genijalnih naučnika

3.6.1. Uvod

Sedamnaesti vek je vek u kome je radio veliki broj značajnih naučnika. Zbog toga se može nazvati vek genija. Postavlja se pitanje, kako je to moglo da se desi? Posmatrano kroz prizmu zakona verovatnoće, moglo bi se reći da je to jedan neverovatan događaj u odnosu na ostala stoleća. Kada bi faktor nasleđivanja prizvali u pomoć, onda bismo seme nauke u XVII veku morali pronaći u prethodnim generacijama. I tu se ne vidi neka jaka korelacija. Uzrok ovome se mora tražiti u nekom trećem faktoru. Bez sumnje bi se moglo reći da je taj činilac okruženje u kome su naučni stvaraoci radili.

U šesnaestom stoleću izvršena su značajna putovanja: Kolumba, Magelana, Vaska de Game i drugih. I to su bila istraživačka putovanja. Skrenuta je pažnja na bogatsva novih zemalja, koja je trebalo iskoristiti. Tako je čovek naučio da gradi brodove koji su mogli odoleti najžešćim olujama. Pritom su se morali rešiti i mnogi problemi naučne prirode.

Sve više su izrađivani instrumenti koji su bili na raspolaganju naučnicima. Jer, postalo je jasno da ljudskim čulima nije moguće dublje ispitati tajne prirode. Zahvaljujući arapskim naučnicima, Rodžeru Beknu i drugima, nauka o svetlosti je dobro shvaćena. Na početku tog stoleća pronađen je i mikroskop, ubrzo i teleskop. Prvim se produbio pogled u mikro, a drugim u makro svet prirode. I drugi instrumenti su se ređali jedan za drugim. Naporan rad u matematici pri raznim izračunavanjima, zauvek je otklonjen pronalaskom logaritama.

Crkva kao ključni činilac vekovnog opiranja naučnom progresu, najzad je posustala. Još od vremena Anaksagore pa na ovamo, religija u najboljem slučaju nije volela nauku. Zatim je bila neprijateljski raspoložena, da bi u srednjem veku toliko gospodarila ljudskom mišlju da su mnogi misleći ljudi stradali, pa i fizički likvidirani, kao Đordano Bruno. Nastupio je Preporod, koji je izveo čovekovu misao iz kolotečine. Otvoren je širok vidik. Ljudi su uvideli da izvan unutrašnjeg sveta čoveka postoji spoljašni svet koji je vredelo izučavati. Za jedne je to proučavanje bilo „radi proučavanja" a za druge

dokaz blagonaklonosti „njegovih stvoritelja". Bavljenje verskim pojedinostima počelo je da iščezava, a nauka je mogla svojim metodama slobodno da potraži put istine.

3.6.2. Osnivanje naučnih društava

Da je nauka oživela, omasovila se, i da radi u gostoljubivom okruženju, potvrđuje formiranje naučnih društava, akademija, kako su se na početku zvala. Mnoga od njih bila su prevazišla lokalni značaj, pa su smatrana nacionalnim. Često su uživala i direktnu zaštitu valadara. U njima su učeni ljudi mogli da izlažu probleme jedni drugima i slušaocima kojih je bilo sve više. Srednjovekvni univerziteti nisu imali sve odlike ovih društava, naročito nisu imali slobodu misli, jer su bili pod uticajem crkve. U XVI veku javlja se opšta pobuna protiv autoriteta. Zbog toga je trebalo imati neke uhodane forme aktivnosti, koje bi se ocenjivale po sopstvenim kriterijumima.

Prva udruženja su formirana u Italiji. Prvo od njih, „Accademia Secretorum Naturae" (Akademija za proučavanje tajni prirode) osnovano je u Napulju, 1560. godine. Zatim, „Accademia dei Lincei" (Akademija risova) imala je akivnosti u Rimu, od 1603 – 1630. godine. Za meteorolgiju je najznačajnije treće udruženje „Accademia del Cimento" (Akademija opasne probe). Osnovana je u Firenci, 1657. godine i bila je pod zaštitom velikog vojvode Ferdinanda di Mediči i njegovog brata Leopolda (kasnije kardinala katoličke crkve). Ovo udruženje je bilo aktivno samo deset godina.

U Engleskoj je Frensis Bekn (lord Virlujem) istakao potrebu za takvim udruženjem. Pod njegovim uticajem, Čarls II je 1662. godine osnovao Kraljevsko društvo za unapređenje poznavanja prirode. Naučnici u Londonu su se još 1645. godine počeli nezvanično sastajati u Grešemovom koledžu, pod imenom „Nevidljivi koledž". To društvo se za vreme građanskog rata preselilo u Oksford, da bi se ponovo vratilo u London. Prema tome, Čarls II je samo stavio vladarski pečat na ono što je već funkcionisalo.

Akademiju nauka u Francuskoj osnovao je 1666. godine Luj XIV. U Nemačkoj je bilo pokušaja da se takvo udruženje osnuje u Roštonu, 1619. godine. Kasnije, 1700. godine, knez Fridrih od Pruske osnovao je Berlinsku akademiju nauka.

Osnivanje ovakvih udruženja nastavljeno je i u XVIII i XIX veku. Zajednički cilj im je bio da povećaju poznavanje prirode slobodnim iznošenjem gledišta. Međutim, neka udruženja se nisu oslobodila istorijskog nasle-

đa tutorstva. Tako, misli se da je Accademia dei Lincei pomagala Galileja u njegovoj pobuni protiv crkvenih vlasti. Suprotne aktivnosti su bile u akademiji del Cimento, koja je prestala da radi da bi njen tutor Leopold dobio kardinalski šešir. Član ove akademije, Antonio Oliva, dospeo je u ruke opake inkvizicije. Izvršio je samoubistvo, da izbegne mučenje.

U Francuskoj i Engleskoj, akademije su se uglavnom bavile razvojem primenjenih nauka i industrijskih veština, kao i poboljšanjem tehničkih postupaka u proizvodnji. Francuska akademija je svoje aktivnosti oslikala u samom nazivu „Naturae investigandae et perficiendis artibus" (Proučavanje prirode i usavršavanje veština). Takav duh je negovalo i Enlglesko kraljevsko društvo. Na prvim sastancima Bojl je isticao „da je to društvo koje ceni znanje samo ako ono teži da bude korisno". Kraljevski zaštitnik Društva i njegovi savetnici povremeno bi skretali pažnju Društvu na praktične potrebe zemlje. Tako je on preporučio zvaničnom vršiocu ogleda, Robertu Huku, „da proučava poslove oko brodarstva", dok ga je državni sekretar Džozef Viljemson pozvao „da vredno proučava korisne stvari". Jednom je kralj Čarls II posetio članove Grešemovog koledža i pritom ih kritikovao „što su traćili vreme mereći vazduh, a nisu ama baš ništa drugo postigli otkad su počeli da zasedaju".

Kao što se vidi, ni tada nije bilo one potrebne slobode u trasiranju pravaca istraživanja. Ti pravci su nametani. Međutim, sada nije nametan način izučavanja date oblasti. Nauka se do tada proučavala zbog intelektualnog značaja, a od tada joj se priznaje korisna vrednost u primeni. Tako je Bojl isticao napredne zanate i pravljenje časovnika kao čiste plodove naučnog istraživanja Higensa i Huka. Čak su i astronomiju, „nauku zanesenjaka svemira", počeli da cene zbog njene korisne primene. Zato je Kepler, s početka XVII veka isticao da bi „majka astronomija umrla od gladi da njena glupava kćerka astrologija ne zarađuje hleba za obe". Čarls II osniva Opservatoriju u Griniču, 1675. godine, da bi se za potrebe moreplovstva pronašle geografske koordinate mesta.

Pri razmatranju faktora okruženja koji su doprineli napretku nauke, svakako ne bi trebalo izostaviti štampanje naučnih rzultata. Materijalne i tehničke sposobnosti su dostigle zavidan nivo, tako da su se štampanjem stara znanja mogla učiniti dostupnim svima, a i nova su štampanjem brzo stavljana na uvid širokom krugu interesenata. Stvorila se osnova da je svako mogao nastaviti rad tamo gde je prethodnik stao, pa se više nije polazilo od početka, već se nadograđivalo zatečeno. Sve ovo nije bilo moguće do pojave štampanja knjiga. Valja napomenuti da je pravi progres u ovom pogledu napravljen u XVIII veku, kada je počelo štampanje naučne periodike (časopisa).

Prvi naučni časopis u Evropi osnovan je 1682. godine, pod nazivom „Acta eroditorum" (Spisi naučnika). Osnovao ga je veliki nemački matematičar Lajbnic, sa saradnikom Otonom Mankeom. Jedan vek kasnije, 1797, u Londonu je osnovan časopis „Journal of Natural Phylosophy, Chemistry and the Arts" (Časopis za filozofiju prirode, hemiju i umetnost). Osnovao ga je Vilijem Nikolson. Samo godinu dana iza toga, 1798, u Londonu je pokrenut još jedan, kasnije znatno poznatiji časopis „Phylosophical Magazine" (Filozofski časopis). Njega je osnovao **Aleksandar Tiloč**, rođen 1759. godine, u Glazgovu. Sin je bogatog trgovca duvanom i gradskog sudije. Obrazovanje je stekao na Glazgovskom univerzitetu. U 28. godini preselio se u London, 1787, gde je „poenglezio" (promenio) svoje škotsko prezime *Tulloch* u *Tilloch*. Očevim novcem kupio je novine „Star and Evening Advertiser". Osetio je da nauka i tehnologija sve više zaokupljaju pažnju čitalaca, pa je osnovao Filozofski časopis. U prvim godinama od osnivanja, u njemu je Luk Hauard objavljivao svoje rasprave o oblacima.

Tako se osnivaju i drugi časopisi, za pojedine uže naučne oblasti. Kao što danas internet donosi blagostanje omogućujući trenutni pristup svim značajnim informacijama u svetu, takvu su ulogu imali časopisi toga doba. Čak su imali brojne prednosti u odnosu na knjige: jeftiniji, brže prenošeni korisnicima i u njima su se lakše sučeljavala mišljenja i naučne činjenice.

Dalji doprinos nauci toga doba prikazaće se kroz aktivnosti najznačajnijih nosilaca nauke.

3.6.3. Doprinos u astronomiji

Kao što se moglo videti u poglavlju 3.5.5, Galileo Galilej je živeo gotovo jednako dugo i u XVI i u XVII veku. Sledi kratki prikaz Galilejevog doprinosa astronomiji u drugom delu njegovog života. Bio je naklonjen Kopernikovim pogledima, ali, da bi bio potpuno siguran u organizaciju nebesa, počeo je teleskopom pažljivo da osmatra nebo. Zvanično je teleskop prvi put patentiran 1608. godine. I sam Galileo je napravio jedan koji je približavao predmete 1000 puta. Brza poboljšanja koja su usledila, učinila su da i tadašnji teleskopi praktično imaju sposobnosti današnjih.

Galilej je bio oduševljen prizorom neba koje je video kroz teleskop. Tako je 1610. godine zapisao: „Sasvim sam izvan sebe od zapanjenosti i zahvalan Gospodu što mu je bilo drago da mi dopusti da otkrijem tako velika čudesa". Već 1613. je objavio svoje delo „Pisma o sunčevim pegama". Tad je ispoljio podršku Koperniku i bio proglašen jeretikom. Problem je 1616.

godine iznešen pred inkviziciju, koja je sazvala sastanak teoloških savetnika da se izjasne o dve tvrdnje: 1. Sunce je središte sveta i potpuno nepokretno; 2. Zemlja nije središte sveta, niti je nepokretna, nego se celim svojim telom svakodnevno obrće.

„Eksperti“ su prvu tačku proglasili lažnom i potpuno jeretičkom. Zbog druge tačke, zaslužuje ukor jer se ta zabluda kosi sa pravom verom. Posle ovoga, papa je naredio kardinalu, rukovodiocu inkvizicije, da pozove Galileja i opomene ga da napusti mišljenje koje je teološki savet osudio. Ako Galilej to odbije, trebalo bi mu uručiti zvaničnu zabranu i da pod pretnjom lišavanja slobode napusti takva propovedanja. Galilej je odmah pozvan, ali se ne zna rezultat tih razgovora. I dalje je radio na tim problemima i 1632. godine je objavio knjigu u kojoj se videlo da ne može promeniti svoje mišljenje, pa čak i da ismeva one koji to nisu mogli da shvate. Knjiga je, naravno, bila zabranjena, a Galilej zatvoren od inkvizicije. Prećeno mu je mukama kojima će biti izložen, ako ne promeni mišljenje. Izrečena mu je i presuda. Galilej je morao da „čini pokoru tri godine i da u pokajničkom odelu porekne sva Kopernikova učenja“. Takođe je morao da izjavi: „ Ja... uveravam da verujem i da ću uvek verovati da je ono što crkva priznaje i propoveda istinito“. Kaže se da je Galilej završio svoje poricanje gunđajući „E pur si muove“ (Ipak se okreće). Posle toga pušten je iz zatvora, gde je, blizu Firence, nastavio rad na naučnim problemima.

Naročitu pažnju je posvetio praktičnim problemima, npr. određivanju položaja broda kada se kopno ne vidi. To se ispostavilo kao nužno jer su daleka prekookeanska putovanja postajala sve privlačnija.

Pored Galileja, napretku nauke je doprineo **Kepler** (1571 – 1630). Njega je kao pomoćnika uzeo Tiho Brahe, danski astronom. Kepler je bio bistra uma ali slabačkog tela jer je kao dete preboleo male boginje od kojih su mu osakaćene šake i oštećen vid. Zbog toga je poslat u manastirsku školu, a zatim na Univerzitet u Tibigenu. Kepler je tada spoznao da su njegovi pogledi suviše u neskladu sa pravovernim učenjem neophodnim za svešteničku karijeru. Odabrao je mesto nastavnika astronomije u Gracu.

Sa 24 godine objavio je knjigu u kojoj je izneo dobro smišljenu odbranu Kopernikovog učenja. Činilo mu se da je svet sagrađen na jednostavnom geometrijskom principu. Svoje shvatanje geometrije trebalo je da razradi prema velikom broju Brahovih osmatranja o kretanju planeta. Postavio je tri poznata svoja zakona koja obuhvataju sve oblike planetarnog kretanja.

3.6.4. Dekartovi vrtlozi

Rene Dekart (1596 – 1650) rodio se blizu Tura u dobroj građanskoj porodici. Pohađao je jezuitsku školu u varoši La Fleš. Posle toga je studirao matematiku u Parizu, kod poznatog matematičara Mersena. U 25. godini dao je ostavku na oficirski čin, po završetku kratke službe u vojsci kneza Morisa Orleanskog. Neko vreme je putovao, da bi se nastanio u Holandiji, gde je pripremao knjigu „Le Monde“ (Svet).

Mislio je da će u knjizi dati potpunu sliku stanja nauke i teoriju vasione. Za mladog čoveka to je bio preambiciozan posao. Kada je završio pisanje, čuo je da je Galilej osuđen. Dekart nije video ništa pogrešno u njegovim učenjima, pa je u svojoj knjizi izrazio isti pogled na vasionu. Zbog toga je strahovao da će i njega zadesiti ista sudbina, pa se uzdržao od objavljivanja knjige. Lepše mu je bilo da mirno živi nego da se nađe u snažnim kandžama crkve. Knjigu su objavili drugi, 15 godina posle njegove smrti, 1664. godine. Raspravu „Principia Philosophiae“ (Principi filozofije) objavio je 1644. godine. Zaključci nisu bili od neke velike naučne koristi.

Najčuvenija mu je teorija o vrtložima. Tvrdio je da su sva prirodna kretanja kružna. Objašnjavao je vrlo jednostavno i razumljivo. Kada riba pliva, ona razgrće čestice vode ispred sebe dok se druge čestice slažu iza nje da bi popunile prazan prostor koji je napustilo ribino telo. Tako se voda kreće unaokolo kružnim vrtlozima. Dekart je smatrao da se na isti način prosta gruba materija probija kroz more finih čestica. Kretanje čestica se može prikazati kao niz vrtloga. On je, dakle, smatrao da su svi delovi prostora koje ne popunjava čvrsta materija popunjeni finim česticama materije koje naša čula ne mogu da razaznaju.

Njegovi vrtlozi su bili kovitlanja u moru čestica. Prosti materijalni predmeti su kao komadi plute koji plove, otkrivajući nam smerove strujanja vode u vrtlozima. Smatrao je da najfinije čestice materije koje se odvajaju od grubljih čestica, trenjem ili struganjem bivaju privlačene središtima vrtloga. Kasnije je razradio teoriju po kojoj u središtu nekog velikog vrtloga ima toliko kovitlanja da tela postaju užarena. Time je objasnio zašto sijaju Sunce i ostale zvezde.

Dekart se puno bavio matematičkim problemima. Smatra se jednim od osnivača analitičke geometrije. Bavio se optikom. Od njega potiče i prvo tačno tumačenje pojave duge na nebu.

3.6.5. Opšta gravitacija

Kepler je uveo ideju univerzalne privlačne sile, ali nije naslućivao da samo gravitacione sile mogu da objasne kretanje planeta. On je smatrao da se planete ne bi održale na svojim putanjama da nema sile koja ih gura napred. Trebalo je da objasni da postoji neka privlačna sila koja planete sprečava da po pravoj liniji skrenu prema Suncu.

Plutarh je oko 100. godine, dakle, oko 1400 godina pre nego se rodio Kepler, opisao kretanje Meseca oko Zemlje ovako: „Mesec je obezbeđen da ne padne na Zemlju svojim kretanjem i obrtnim zamahom, kao što ne mogu da padnu predmeti zavitlani u krug praćkom".

Ovim problemom, gotovo istovremeno, 1666. godine, počeli su da se bave Boreli, Huk i Njutn. **Boreli** je bio profesor matematike u Pizi. Napisao je knjigu u kojoj izlaže da planete teže da se udalje od Sunca, ali ima neka privlačna sila koja ih sprečava. Kada je ta sila jednaka odbojnoj sili, prouzrokovanoj kretanjem planeta, uspostavlja se ravnoteža, pa planeta nastavlja neprekidno kruženje oko Sunca na određenom rastojanju.

Robert Huk (1635 – 1703) je izneo gotovo isto mišljenje kao Boreli. Huk je bio oštroumniji mislilac i veoma spretan u vršenju ogleda. Pošto je bio asistent kod Roberta Bojla, od 1655. do 1662. godine, bio je postavljen za sekretara novoosnovanog Kraljevskog društva. Zadatak mu je bio da izvodi oglede koje sâm smisli, ili koje predlože članovi Društva. U jednom dopisu iz maja 1666. godine, on objašnjava zašto se putanja nekog nebeskog tela savija u krug ili elipsu. To se dešava zbog „privlačnog svojstva tela u središtu putanje kojim ono neprestano teži da ga privuče ka sebi". On je rekao da, ako ta sila postoji, onda „sve odlike planeta izgleda mogu biti objašnjene opštim principima mehaničkog kretanja".

Huk je dalje postavio tri pravila o kretanju planeta. Prvo je da postoji opšta gravitacija; drugo „da sva tela, ma koja ona bila, produžavaju da se kreću napred pravom linijom dok ne budu skrenuta nekom snažnom silom i dovedena na krug, elipsu ili neku drugu, složeniju krivu liniju"; treće, „da su sve sile jače na kraćem rastojanju i da slabe ako se rastojanje povećava".

Ovim su teorija kretanja planeta i opšta gravitacija skoro u potpunosti bili objašnjeni i još je samo to trebalo da se uobliči. To malo dodatnog uobličavanja obavio je genijalni Isak Njutn, utvrđujući da je ta tajanstvena sila privlačenja istovetna onoj poznatoj sili zbog koje je otkinuta jabuka sa grane u Njutnovom vrtu pala na zemlju.

Isak Njutn (1642 – 1727) je prevremeno rođen, za Božić 1642. godine, u vlastelinskoj porodici blizu Grentema, u Linkolnširu. Kako je govorila njegova majka, rođen je toliko mali „da je mogao stati u lonče od jednog litra". Bio je toliko providan i slabašan, kao providno goluždravo pile kada se izleže iz jajeta. Ipak, to mu nije smetalo da izraste u intelektualnog diva. Nije bio dobar đak, jer je bio nepažljiv. Bio je čak među najgorim učenicima. Evo još jednog podsticaja za one koji su takvi bili kada su bili mali! Ali, u raznim igrama je pokazivao snalažljivost. Izmišljao je duhovite načine da se izmeri brzina kada duva vetar, pravio je časovnike i modele vetrenjača koje su radile.

U trinaestoj godini mu je umro očuh. Majka ga je pozvala u selo, da bi joj pomogao oko imanja. Uskoro je uvidela da ga više zanima mehanika nego poljoprivreda. Poslat je u Triniti koledž u Kembridžu, gde se obrazovao i njegov ujak. Ne postoje dokazi iz kojih se vidi da su ga zanimale prirodne nauke. Više ga je interesovala neka knjiga iz astrologije („loše kćerke astronomije"). U njoj je našao neku sliku koju nije umeo da rastumači. Kupio je Euklidovu geometriju da bi mu pomogla. Kasnije uzima još komplikovaniju, Dekartovu „Geometriju". Izgleda da mu je ovo, najzad, pobudilo interesovanje za matematiku i prirodne nauke.

Zbog kuge koja je harala po Engelskoj, tokom 1665. i 1666. godine, Kembridž je bio zatvoren, a učenici raspušteni. Njutn se vratio u svoj dom gde je imao slobodnog vremena za razmišljanje o mnogim naučnim problemima. Iz meseca u mesec povećavao se broj problema koje je rešio. Na kraju godine u kojoj je besnela kuga, bio je u najboljoj snazi za naučna otkrića. Sa 24 godine, već je bio smislio program istraživanja za dugi predstojeći period.

Po otvaranju Kembridža, 1667. godine, izabran je za nastavnika. Dve godine kasnije, njegov raniji profesor matematike, Isak Borou, koji je i sam bio odličan matematičar, podneo je ostavku sa ciljem da oslobodi mesto za Njutnovo postavljenje, gde se Njutn na miru bavio naučnim radom.

Posle dvadesetak godina od postavljenja za profesora, nižu se i mnogi i nenaučni poslovi i zvanja: poslanik u parlamentu kao predstavnik univerziteta, nadzornik kovnice novca i upravnik kovnice. Zahvaljujući njegovom trudu, engleski kovani novac je bio postavljen na zdravu osnovu, u vrlo teškom vremenu. I taj posao je gledao na naučnoj osnovi. Zapazio je odnos između cene i količine novca u opticaju. To je kasnije uobličio u „kvantitativnu teoriju novca".

Pošto je prihvatio posao u kovnici novca, Njutnov originalni naučni rad je prestao. Izabran je za predsednika Kraljevskog društva, 1703. godine. Svake godine je reizabiran, do smrti, 1727. godine. Svoju čuvenu teoriju

gravitacije već je bio uobličio do 1696. godine. Kao što se moglo uočiti, i drugi su na isti način o ovome razmišljali. Ali, Njutn je učinio što drugi nisu: primenio je numerička proveravanja i pronašao da su postignuti razultati tačni, ili „skoro sasvim tačni".

Njegovo najkompletnije delo „Phylosophiae Naturalis Principia Mathematica" (Matematički principi filozofije prirode) je zaista jedno od najvećih naučnih dela koje je ljudski um ikada stvorio. Retko koje delo, izuzimajući Darvinovo „Origin of Species" (Poreklo vrsta) je ostavilo tako dubok uticaj na savremenu misao. Ono je objašnjavalo veliki deo mrtve prirode na osnovu mehaničkih principa. Navodilo je na pomisao da se i ostatak prirode na sličan način može objasniti.

Prema Ajnštajnu, „za Njutna je priroda bila otvorena knjiga čija slova je čitao bez napora. Pojmovi kojima se služio da sredi ogledni materijal, izgledaju kao da sami sobom izleću iz samog iskustva, iz divnih ogleda koje je on ređao kao igračke i opisivao sa puno ljubavi i sa mnogo pojedinosti. U jednoj ličnosti je sjedinio vršioca ogleda, teoretičara, mehaničara i, što nije baš najmanje važno, umetnika izlaganja. Njutn stoji pred svima nama, silan, pouzdan i jedinstven".

3.6.6. Razvoj optike

Videli smo da su u antičkoj Grčkoj poznavali osnovne zakone o kretanju svetlosti, da se svetlost prostire pravolinijski kroz prazan prostor, da se odbija od ogledala pod jednakim upadnim uglom. Ptolomej je proučavao prelamanje svetlosti. Na osnovu ovih zakona, optiku su kasnije dosta duboko proučili Grci i Arabljani, naročito se istakao Al Hazen. Posao su nastavili srednjovekovni evropski naučnici.

Oni su naučili kako se prave sočiva i ogledala, kako se mogu upotrebiti da rasturaju svetlosni snop, ili ga dovedu u žižu. Pronalaskom teleskopa, ova istraživanja su doživela vrhunac, početkom XVII veka, prvenstveno zahvaljujući Galileju, Kepleru, Hajgensu. Profesor matematike, Vilebord Snel, sa Univerziteta u Lejdenu, 1621. godine je otkrio tačan zakon prelamanja svetlosti, ali ga nije objavio. To je, tek 1637. učinio Dekart. Pronađeni su mnogi optički instrumenti.

Svi nabrojani doprinosi spadaju u kategoriju geometrijske optike. Fizička optika je drugačija grana optike. Ona se bavi pitanjima poput: šta je to svetlost, zašto se ponaša kako se ponaša.

Odgovori na ova pitanja uglavnom su traženi onim redosledom kako su i postavljana. Još uvek je bilo lakše ispitivati kakva je svetlost. Da se svetlost razlaže na dugine boje, primetio je **Grimaldi** (1618 – 1663), jezuitski profesor matematike. Posmrtno, 1665. godine objavljena je njegova knjiga *Phisico – Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride* (Fiziko – matematika svetlosti, boja i duge).

Vršio je oglede propuštajući svetlost kroz uske proreze. Na zaklonu, postavljenom iza toga, video je da ne postoje jasne granice između svetlog dela i tame. Ivica senke je bila obojena i prikazivala je pravilnu smenu boja. Slične eksperimente je radio i Huk, u Engleskoj. Konstatovane su osnovne boje u koje se razlaže bela svetlost.

Njutn je prorezao malu rupu na prozorskom kapku svoje sobe, kroz koju je prolazio sunčev zrak. Taj zrak je zatim prolazio kroz prizmu (koju je prethodno kupio na pijaci za vreme jednog vašara). Na zaklonu iza prizme, svetlosni zrak se rastavio u raznobojnu svetlu traku u svim duginim bojama, od crvene, preko zelene, do ljubičaste. Njutn je prvi ispitao zašto se spektar ovako ocrtava. Prizma mu je omogućila da se zrak ljubičaste svetlosti prelama pod većim uglom nego crveni. Izvodio je i druge duhovito smišljene oglede koji su mu omogućili da zaključi da je sunčeva svetlost smeša svetlosti svih duginih boja. Ustanovljeno je i da je svetlost talasne prirode. Tome je najviše doprineo **Kristijan Hajgens** (1629 – 1695), sin jednog holandskog pesnika i diplomate.

3.6.7. Ostali doprinosi

U pogledu strukture materije, atom je ponovo priznat kao osnovna jedinica od koje je sastavljena sva materija. Reafirmacija ovog učenja koje potiče iz V veka p.n.e, od Demokrita i Epikura, izvršena je tek u XVII veku. Njihova učenja su osporavana u vremenu kada su živeli zbog protivverskih namera, a u srednjem veku su potpuno zanemarena.

Pjer Gasendi (1592 – 1655) se bavio atomizmom sa botaničke strane. Međutim, dao je doprinos i naučnoj misli uopšte. U svom delu *Syntagma Phylosophicum* (Filozofska sintagma) on iznosi da su sve stvari sastavljene od atoma koji su apsolutno čvrsti i neuništivi. Oni su slični po sastavu, samo su različiti po veličini i obliku. Kreću se u raznim pravcima u praznom prostoru. On je smatrao da mnoge zapažene odlike materije mogu da se objasne kretanjima takvih atoma. Danas se zna da je to moguće. Takođe je dosta tačno tumačio tri agregatna stanja: čvrsto, tečno i gasovito kao i prelaz između

njih. Međutim, danas se zna da je mnogo pogrešio kada je pretpostavio da se toplota u nekom telu stvara usled prisustva nekog naročitog „atoma toplote".

Zaključci do kojih je o istoj stvari došao Robert Bojl, hemiju svrstava u pravu nauku, a ne da je ona skup nepovezanih rasuđivanja. Zbog toga na njegovom nadgrobnom spomeniku u Irskoj piše da je „otac hemije i stric grofa od Korka". Uveo je pojam hemijski element. Objasnio je da pod tim podrazumeva „izvesna prvobitna i jednostavna tela koja nisu sačinjena ni od kakvih drugih niti jedni od drugih, već su sastojci od kojih se, u krajnjoj liniji, mogu na njih rastaviti". Nešto kasnije je tvrdio da je materija sastavljena od čvrstih čestica od kojih svaka ima svoj sopstveni oblik, a to je atom. Atomi se mogu složiti jedan sa drugim i načiniti karakteristične grupe, koje se sada nazivaju molekuli. Bojl se bavio i ispitivanjem osobina gasova, kao i francuski fizičar Mariot. Tako je proistekao poznati Bojl – Mariotov zakon (ako se pritisak poveća dva puta, njegova zapremina se smanji za polovinu).

I u matematici je postignut značajan napredak. Dekart i francuski matematičar **Pjer de Ferma** (1601 – 1665) su nezavisno pronašli metode analitičke geometrije. Druga važna tvorevina XVII veka je infinitezimalni račun.

Veliko ime matematike toga doba Gotfrid Vilhelm Lajbnic (1646 – 1716) bio je u službi više vladarskih kuća, ali je imao dosta vremena da se bavi matematikom. Osnovao je 1682. godine tada jedini naučni časopis u Evropi (zajedno sa Otonom Mankeom) „Acta Eruditorum" (Spisi naučnika). U njemu je objavio seriju radova iz infinitezimalnog računa, u suštini istovetan sa onim Njutnovim, samo drugačije obeležen. Tamo gde je Njutn pisao *ox* za priraštaj iksa, Lajbnic je pisao *dx*. Postojao je spor oko toga ko je „otac" ovog posla. Izgleda da je Njutn bio prvi u otkriću, a Lajbnic prvi ko je objavio ovaj metod.

3.7. Nauka u XVIII i XIX veku

3.7.1. Uvod

U ovom prikazu opšte korisnih naučnih rezultata sve više se približavamo današnjem vremenu. Nalazimo se pred dilemom: da li da budemo ohrabreni jer smo prebrodili jedno jako dugo istorijsko razdoblje, ili da se osećamo kao putnik posle dugačkog puta, umorni, malaksali i nesposobni za

dalji put? Naučnih rezultata ima sve više. Nauka sve dublje ulazi u sve više oblasti. Za prikaz takvih rezultata trebalo bi puno prostora. U ovom usputnom sagledavanju, opredeljujemo se da te rezultate prikažemo kao što bi se ponašao umorni putnik. Prikazaće se najkraće samo ono što je najznačajnije.

Još uvek smo u vremenu u kome obdareni i vredni amater može poneti u svojoj glavi temeljno znanje velikog dela cele nauke. Zato se dešavalo da, na primer, obrazovani pravnik može dati naučna dela najviše vrednosti iz matematike. Dani ogromnih brda knjiga i časopisa i velikog broja grupa naučnika, od kojih svaki pojedinac razume tek delić onoga što se istražuje, tek će doći. Zboga toga se pojavila potreba da se nauka deli. Javljaju se nove naučne oblasti, jer je jedno jedino polje znanja preveliko za ma koga da ga shvati kao celinu ili bar neki njegov veći deo.

3.7.2. Mehanika

Galilej i Njutn su prokrčili put rešavanjem mnogih mehaničkih problema. Njutnovi zakoni kretanja su se mogli primenjivati samo na čestice, na komadiće materije koji su bili dovoljno mali da bi se mogli smatrati kao tačke. Takvim česticama se mogla određivati brzina, ubrzanje i položaj, potpuno tačno.

Svako telo se sastoji od čestica, pa je tako, u principu, moguće odrediti njegovo kretanje na osnovu Njutnovih zakona. Ali, ovaj prelaz od opštih pravila do rešavanja određenog problema je, tako se pokazalo, vrlo dug i težak. Umesto nalaženja puno pojedinačnih prelaza, očigledno je potrebno naći opšte metode koje bi omogućavale taj prelaz. To je privuklo pažnju nekih najvećih matematičara toga vremena.

Problem je najlakše prikazati na primeru čvrstog tela koje se sastoji od samo dve čestice. Pošto je telo čvrsto rastojanje između te dve čestice, ne menja se (ne menja oblik). Sa tri koordinate se može odrediti u prostoru položaj ma koje tačke tog tela. Za telo sastavljeno od dve čestice trebalo bi znati šest koordinata. Ovih šest koordinata i pravila za praćenje njihovih promena, odredio je Ojler.

Leonard Ojler (1707 – 1783) je jedan od velikih matematičara toga doba. Bio je sin luteranskog sveštenika u Bazelu. Živeo je u Bazelu, Petrogradu i Berlinu. Iz Rima, sa dvora Fridriha Velikog, vratio se u Petrograd, gde je, potpuno slep, umro 1783. godine. On je iz Njutnovih zakona o kreta-

nju čestica izveo opšte zakone kretanja čvrstih tela. Ovi zakoni dobro objašnjavaju kretanja mehaničkih vretena, žiroskopa, raznih loptica, kao i mnogih drugih sličnih kretanja. I dalje se za razne potrebe koriste Ojlerove koordinate.

Istim problemom, ali na nešto drugačijoj osnovi, bavio se **Žosef Luj Lagranž** (1736 – 1813). Rođen je u Turinu. Kada je imao tirdeset godina, Fridrih Veliki ga je pozvao u Berlin. Fridrih je izrazio želju „da najveći matematičar u Evropi stanuje kod najvećeg kralja u Evropi". Kada je Fridrih umro, 1787. godine, Lagranž je dobio pozive za boravak u Napulju, Španiji i Francuskoj. Preselio se u Francusku, gde je bogato živeo na dvoru u Luvru. Stalno je imao zdravstvene probleme od duboke melanholije. Izbijanjem Francuske revolucije, 1789. godine, njegovi egzistencijalni uslovi su se znatno pogoršali. Uprkos svemu, ostao je da radi u Parizu. Radio je prvo kao profesor u Učiteljskoj, a zatim i u Politehničkoj školi, gde je ostao sve do smrti.

Lagranž je bio predsednik komisije Francuske vlade koja je formirana 1799. godine za reformu sistema tegova i mera. Najvećim delom zahvaljujući njegovim naporima, u Francuskoj je usvojen decimalni sistem mera, sa metrom i gramom kao jedinicama. Ovaj sistem se brzo proširio na ceo Evropski kontinent, kasnije i na ceo svet.

Ojler je pokazao kako se Njutnovi zakoni mogu primeniti na kretanje bilo kog čvrstog tela. Lagranž je preradio ovaj metod tako da se mogao primenjivati na najopštije zamislive sisteme tela, uključujući fluide. Naravno, za to nije bilo dovoljno onih šest koordinata. On uvodi dovoljan broj uopštenih koordinati, kojima se, ma koliko bio složen neki sistem, njegovi oblici mogu uvek odrediti. Ovaj postupak primenjuje znanja koja su ranije bila poznata, što je veliki napredak u nauci.

3.7.3. *Sastav materije*

U zrelim godinama, Njutn je objavio knjigu „Optika". Tu je opisao veliki broj problema koji nisu direktno povezani sa optikom. Među njima, pod brojem 31, piše: „Meni izgleda da je bog, pri stvaranju sveta, stvorio materiju od čvrstih, tvrdih, neprobojnih čestica, u takvim veličinama i u takvom broju, i sa takvim drugim svojstvima, i u takvoj srazmeri sa prostorom, da sve to više doprinosi cilju za koji je stvoreno; a da su ove osnovne čestice čvrste i neuporedivo tvrđe od ma kog poroznog tela koje one sačinjavaju; da su čak toliko tvrde da nikada ne mogu dotrajati i razlomiti se u komade, i da

nikakva obična sila nije u stanju da razdvoji ono što je sam bog načinio kao celinu kad je stvorio svet". On je dalje pisao: „Ove najmanje čestice materije se mogu skupiti pod uticajem snažnijih privlačnosti i stvoriti veće čestice slabije veze, a ove se opet mogu još skupiti i stvoriti još veće čestice čije su veze još slabije, i tako se dalje mogu nizati različiti nizovi... Ako je neko telo čvrsto i savije se ili ugiba pod pritiskom, a da mu delovi ne klize, ono je čvrsto i rastegljivo i vraća se u svoj prvobitni oblik snagom koja proizilazi iz uzajamne privlačnosti njegovih delova. Ako delovi tela klize jedan preko drugoga, to telo je rastegljivo i meko... Pošto metali rastavljeni u kiselinama privlače samo male količine te kiseline, njihova privlačna sila dopire samo do malog odstojanja od njih..."

Poslednja rečenica ukazuje kako je i Njutn smatrao da se i hemijske odlike materije mogu objasniti silama kratkog dometa koje deluju između osnovnih čestica materije. To isto su smatrali i Bojl i Huk. Takođe je Hajgens u svom delu, 1690. godine kazao istu stvar, ovako: „ U pravoj filozofiji su svi uzroci prirodnih pojava izraženi mehaničkim izrazima. Po mom mišljenju, mi to moramo činiti tako jer bismo inače napustili svaku nadu da ćemo ikada išta razumeti".

Bilo je i onih koji su mislili da se materija ne sastoji samo od „čvrstih, nepomičnih čestica", već da ona sadrži i razne „nemerljive" sastojke koji daju mnoge odlike materiji. Tako Ernest Štol 1702. godine kaže da je neko telo sagorljivo zato što sadrži „flogiston". On je, inače, kasnije postao lični lekar pruskog kralja. Ukoliko neko telo ima više flogistona, utoliko će lakše sagorevati. Smatrao je da flogiston sagorevanjem izlazi iz tog tela. Ovim je objasnio zašto neko telo pri sagorevanju menja svoje osobine i zašto jednom izgorelo telo ne može drugi put goreti. Vidi se da je flogiston neka vrsta „potomka" sumpora, za koji su arapski alhemičari smatrali da je „princip" vatre. Da flogiston izlazi iz tela prilikom sagorevanja, telo bi postajalo lakše. Međutim, Bojl je utvrdio da telo prilikom sagorevanja postaje teže.

Prema tim ranijim shvatanjima, postojao je nemerljivi sastojak, nazvan „kalorik", koji ispunjava pore tela i čini ga toplim ili hladnim, u zavisnosti od količine tog sastojka. Pomoću ovoga se objašnjavalo zašto se telo pod udarcem čekića zagreva. Tada se isteruje kalorik na površinu. Pretpostavljalo se takođe da postoje korpuskule (telašca) pomoću kojih je Njutn pokušao da objasni svetlost. Isto tako se smatralo da postoje „električni fluidi" ili „tanana isparenja", kao i etar koji ispunjava ceo prostor. Uvođenjem ovih sastojaka mogle su se objasniti neke osobine materije.

Neposredne činjenice dobijene ogledima, postepeno su isterivale ove „nemereljive" sastojke. U XVIII veku vršeni su eksperimenti uglavnom sa

vazduhom i vodom, ne bez razloga, jer su to obične supstance bez kojih se ne može živeti.

3.7.4. *Vek vazduha*

Zahvaljujući pažljivo izvedenim eksperimentima i merenjima, danas je svima jasno da je voda hemijsko jedinjenje sastavljeno od dva dela — vodonika i kiseonika. Takođe se zna da je vazduh mehanička smeša molekula gasova azota kiseonika i pomalo drugih elemenata. Samo pre oko dvesta godina o ovome se nije ništa znalo. Sama reč *gas*, koja se stalno upotrebljava, nepravilno je izvedena od grčke reči *kaos* i uvedena je u nauku još 1664. godine. Neodgovarajuće značenje je uveo flamanski hemičar Jan Baptist Helmont (1577 – 1644). On je zapazio da mora postojati mnogo vrsta gasova (kaos) ali nije mogao proučavati njihova svojstva zbog nepoznavanja načina njihovog izdvajanja.

Prvi korak u pravcu savlađivanja umeća izdvajanja gasova, učinio je **Džozef Blek** (1728 – 1799) iz Edinburga. On je 1756. godine, vršeći eksperimente sa magnezijumom, krečom i drugim bazičnim supstancama, dokazao postojanje gasa koji se razlikuje od vazduha. Potvrdio je da se taj gas može spajati sa raznim supstancama, ali da može postojati i kao sam. U pitanju je bio ugljen-dioksid koga je Blek nazvao „postojani vazduh", jer se mogao sačuvati spajanjem sa drugim suptstancama.

Sledeći napredak uradio je deset godina kasnije. **Henri Kevendiš** (1731 – 1810) je bio neobično obdaren, ali je imao i mnogo nastranosti. Uprkos tome, bio je jedan od najvećih naučnika svoga vremena. Imao je tragičan skup teških duševnih kompleksa. Naime, bio je toliko stidljiv da se jedva usuđivao da govori sa bilo kim, a naročito sa ženama. Kada bi se ipak usudio, govorio je samo o svojoj nauci. Bio je takva osobena i tužna ličnost za života, ali ne i pri samrti. Posle dvodnevne bolesti, ležeći u krevetu, rekao je svom slugi da će uskoro umreti, napominjući mu da ne ulazi kod njega u narednih nekoliko sati. Slabo procenivši kada da uđe, sluga je od do tada sramežljivog i povučenog gospodara bio ispraćen rečima da se tornja! Kada je drugi put ušao, našao ga je mrtvog.

Kevendiš je 1766. godine objavio otkriće još jednog gasa, „zapaljivog vazduha", zapravo, vodonika. Dobio ga je dejstvom kiseonika na metale. Ispitao je mnoge njegove osobine. Ovi nazivi, „zapaljivi vazduh", „postojani vazduh", pokazuju da su u to vreme svi gasovi smatrani kao nešto malo izmenjeni atmosferski vazduh.

Tokom narednih nekoliko godina, **Džozef Pristli** (1733 – 1804) iz Jorkšira, otkrio je još nekoliko gasova. Kao ličnost, bio je potpuna suprotnost Kevendišu, a sličan po naučnoj sposobnosti. Kevendiš je živeo u raskoši bogate loze, a Pristli je bio sin majstora tkača i neke seljanke. Kada je umro, iza Kevendiša je ostalo nepotrošeno milion funti sterlinga, dok je Pristli bio veoma siromašan. I pored toga, uspeo je sebi da stvori lep i solidan život. Osim nauke, Kevendiša nije ništa drugo interesovalo, a Pristli je bio svestran i sklon zabavi, što mu je čak i nauka bila.

Pristlijevo prvo otkriće bila je „izvanredna iskričava voda", danas poznata kao soda. To je, ustvari, bio onaj Blekov „postojani vazduh", pod pritiskom pomešan sa vodom. Pristli se nadao da bi se njome mogao lečiti skorbut, pa je nagovorio Britanski admiralitet da je ispitaju. Predlog je prihvaćen, pa je na dva broda postavljen generator za proizvodnju sode.

Među njegovim otkrićima značajno mesto pripada otkriću kiseonika, 1774. godine, koga je pronašao pri ispitivanju dejstva toplote na razne supstance smeštene da plove na površini žive koja se nalazila u zatvorenom sudu. Unutrašnjost žive zagrevao je zracima propuštenim kroz uveličavajuće staklo. Primetio je da oksid žive, kada se podvrgne ovom postupku, ispušta neki novi gas u kome plamen gori svetlije, a disanje je snažnije nego u običnom vazduhu. On je još 1771. godine primetio da vazduh u kome više nije moglo da se vrši sagorevanje ili disanje, ponovo stiče svoja prvobitna svojstva ako se u njega unesu zelene biljke. Čak je i jedna grančica metvice ili goluždravke bila dovoljna za to. Sad je bilo lako shvatiti da je taj novi gas neophodan za sagorevanje i disanje, a da ga oslobađaju zelene biljke. Pokazano je da je u pitanju gas koga su Huk i Bojl opisali 1662. godine. Pristli ga je nazvao „deflogistonirani vazduh". To bi značilo da je on vazduh koji je žedan flogistona i koji ga upija kad god se nađu u dodiru. Ovde bi trebalo napomenuti da je Vilijem Šele, švedski apotekar, objavio raspravu „O vazduhu i vatri", 1777. godine. Tu je opisao da je na osnovu eksperimenata sprovedenih pre 1773. godine, dokazao da se vazduh sastoji od mešavine dva gasa, koje sada nazivamo kiseonik i azot. Iz ovoga se vidi da je on možda pronašao kiseonik pre Pristlija, koji je to otkriće objavio 1774. godine.

Propuštajući oslobođene gasove kroz živu, pri eksperimentisanju, a ne kroz vodu, kako su drugi činili, Pristli je pronašao gasove azot-dioksid, azotprotoksid, gas hlorovodonične kiseline, sumpor-dioksid i silicijum tetrafluorid. Kada se gasovi propuštaju kroz vodu, neki od njih se u u njoj rastvaraju, pa ih prethodni istraživači zato i nisu pronašli.

Da je Pristli bio zadovoljan, pa mu je to zadovoljstvo donosilo i srećna otkrića, može da posluži i sledeća priča. Jednom prilikom, „da bi uči-

nio zadovoljstvo nekolicini učenih prijatelja", izazvao je eksploziju mešavine običnog vazduha i vodonika, pustivši kroz nju električnu varnicu. Pri tome je primetio da su zidovi posude koja je poslužila za izvođenje eksperimenta, bili prekriveni vlagom. Isti ogled kasnije je ponovio Kevendiš i ispitao prirodu ove vlage. Utvrdio je da je to čista voda. Dalje je zaključio da se ona sastoji od onog „deflogistoniranog vazduha" i njegovog „zapaljivog vazduha" u srazmeri oko 195 : 370 po zapremini, odnosno, približno, 1 : 2. On je ovo potvrdio 1781. godine, stvarajući vodu veštačkim putem, iz mešavine ova dva gasa. Dakle, Pristli je, udovoljavajući „sebi i društvu", indirektno doprineo pronalaženju sastava vode.

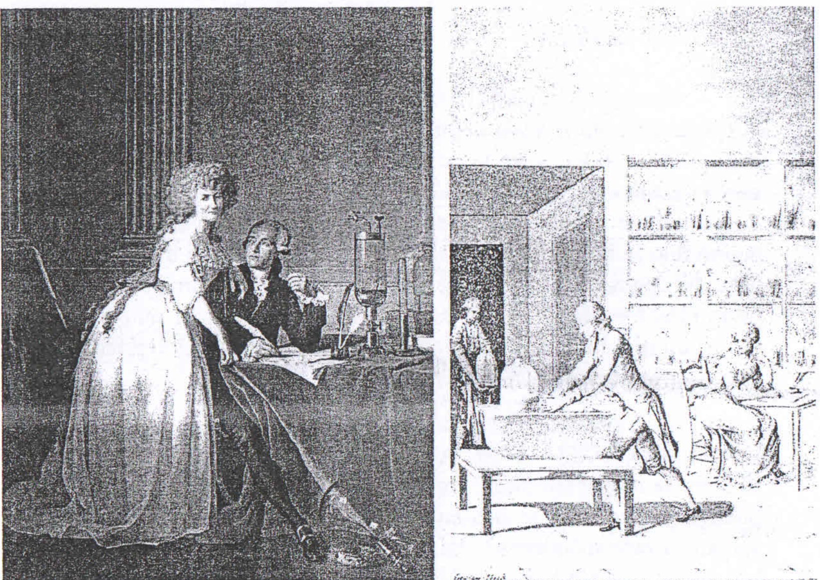
Otkriće kiseonika još uvek nije potisnulo teoriju o flogistonu i ona je nastavila da ometa nauku, slično nekim drugim zaostacima vremena, među kojima i ona četiri Empedokleova „elementa", kao i četiri prvobitna „svojstva" koja su ih sačinjavala. Prema njemu, zemlja je mešavina hladnog i suvog, dok je voda mešavina hladnog i vlažnog. Ako je, prema tome, mokro moglo da se pretvori u suvo, bilo bi moguće vodu pretvoriti u zemlju. Čak se i u XVIII veku verovalo da se prekuvavanjem vode može dobiti zemlja. Takvo mišljenje je imao i veliki Njutn, tvrdeći „da se priroda izgleda raduje ovim pretvaranjima" i da se „voda menja u postojanu zemlju ako je više puta predestilišemo".

Ove i slične ostatke prošlosti konačno su potisnuli eksperimenti velikog francuskog hemičara **Antoana Lorana Lavoazjea** (1743 – 1793). On bi zaista, sa punim pravom, mogao da se nazove ocem savremene hemije. Rođen je u Parizu, u viđenoj porodici pravnika. I sina su poslali da studira pravo, uprkos tome što se u školi isticao u prirodnim naukama. Kada je imao 21 godinu, dobio je nagradu Akademije nauka za svoj ogled o uličnom osvetljenju. Dve godine posle toga postao je dopisni, a sledeće redovni član Akademije nauka. Ali i on se, slično njegovom velikom savremaniku Laplasu, nije zadovoljio samo naučnim radom.

Nekoliko nedelja posle izbora u Akademiju, postao je član veoma omrznutog društva *fermiers généraux* kojima je vlada izdavala u zakup skupljanje poreza. Od tog vremena, njegov život i rad se dele na dva dela: nauku i poslove pomalo nezgodne vrste. Kada je imao 28 godina oženio se sa kćerkom jednog drugog zakupca poreza. Ona mu je donela mladost, lepotu, inteligenciju, bogatstvo, kao i razumevanje i aktivnu pomoć u njegovom naučnom radu. Njihov brak je izgleda bio potpuno srećan.

U toku Francuske revolucije 1789. godine, javilo se veliko ogorčenje zakupcima poreza, koji su se, svi do jednoga, obogatili na račun naroda. Zato su svi pohapšeni, a među njima i Lavoazje. Osuđeni su na smrt giljotinira-

njem. Mnogi su pokušali da se Lavoazje izuzme, s obzirom na njegov veliki naučni doprinos. Međutim, opšta omraza protiv zakupaca poreza prevagnula je na drugu stranu i sud je, napominjući da „revoluciji nisu potrebni naučnici" naložio da se odseče glava i najboljeg hemičara, u njegovoj 51. godini.



Sl. 3.3. Lavoazje sa suprugom koja, u laboratoriji, beleži rezultate merenja.

Lavoazje je 1770. godine konačno uništio staru legendu da se zemlja može dobiti prekuvavanjem vode. Rezultat prekuvavanja je uvek bio isti — dobila se čista voda iste količine kao na početku. Izgleda da je jedino Lavoazje upotrebljavao čiste sudove pri eksperimentisanju.

U periodu od 1774 – 1778. godine Lavoazje se bavio raširenim shvatanjem da se masa može menjati hemijskim dejstvom. Pri žarenju, metali povećavaju svoju masu, ali je on pokazao da ovo potiče od toga da oni upijaju nešto iz vazduha. Pravilnim proračunom se ustanovilo da masa ostaje ista. Pokazao je da ovo važi i za disanje, koje je smatrao kao neko tiho sagorevanje. Na ovaj način je utvrđeno da je masa nešto stalno i nerazorivo, što se održava kroz sve promene. Njutn je pokazao da masa ostaje stalna prilikom svih dinamičkih promena, a Lavoazje je dokazao da je to tačno i za sve hemijske promene.

Lavoazje je radio i sa kiseonikom. I tu je postojao spor između Pristlija i Lavoazjea. Veruje se da mu je Pristli prilikom posete Parizu, u okto-

bru 1774. godine, pokazao kako se može dobiti kiseonik iz crvene olovne rude. Ispitivao je hemijski sastav vazduha. Godine 1777. pokazao je da vazduh u našoj atmosferi nije prosta supstanca, odredivši srazmeru 3 : 1 za azot i kiseonik. Nastavio je da razlaže i složenije supstance na njihove elemente.

3.7.5. Termodinamika

Flogiston je istisnut iz upotrebe u hemiji kada je Lavoazje pokazao da masa ostaje nepromenjena i onda ako se ne uzme u obzir flogiston. Odmah zatim, istisnut je i kalorik, uglavnom kao rezultat rada Amerikanca **Bendžamina Tomsona** (1753 – 1814) koji je poznatiji kao grof Ramford Bavarski. Tu titulu je dobio posle dugogodišnjeg upravljanja državom kneza Maksimilijana, Bavarskom. Bio je veliki skitnica i avanturista. Najzad se smirio i oženio sa Lavoazjeovom udovicom. Brak je kratko trajao.

Ramfordov naučni rad bio je uglavnom vrlo praktičnog karaktera. Njemu se pripisuje izum parnog grejanja prostorija i savremenijeg dimnjanika koji se manje zagušivao od prethodnih. Objavio je raspravu „Ispitivanje izvora toplote stvorene trenjem“ u toku 1796. godine. Tu je istakao da se prilikom bušenja topovskih cevi, metal jako zagreva i da je gotovo neograničena količina toplote koja bi se mogla stvoriti trenjem. Zagrevanje, npr. lonca iznad vatre, obično se objašnjavalo prenošenjem kalorika. Ali, takvo objašnjenje ovde nije bilo moguće, pošto se činilo da ovde nema granica količini toplote koja treba biti prenesena. Ramford je tvrdio da je toplota „neka vrsta kretanja“.

Ovu tvrdnju je pokušao da proveri ogledom. Topio je led u vodi. Za to je potrošeno dosta toplote. Ako se led pretvorio u vodu samo upijanjem velike količine kalorika, onda bi se povećala masa otopljene vode. Tačnim merenjem pre i posle topljenja, Ramford je 1799. godine utvrdio da se masa nije menjala. Iz ovoga je zaključeno da toplota nema težinu pa da ne može biti supstanca, već unutrašnje kretanje podrhtavanjem sastojaka zagrejanog tela. Iste godine je Hemfri Devi tvrdio, na osnovu, doduše, pogrešno izvedenih zaključaka, da je toplota „kretanje podrhtavanjem korpuskula tela“.

O toploti se razmišljalo i na drugi način. Tako, francuski inženjer **Sadi Karno** (1796 – 1831) 1824. napisao je rad „Razmišljanja o pogonskoj sili vatre“. Ovaj rad je zaslužio pažnju jer je dao osnovu današnje termodinamike. Njemu termodinamika nije interesantna kao teorijski već praktični industrijski problem. Parne mašine, koje su ulazile u upotrebu, trebalo je „hraniti“ gorivom da bi one uzvratile radom. On je želeo da ustanovi koliko

se rada može dobiti za dati utrošak goriva. Rad je zamišljao kao podizanje nekog tereta na visinu. Usmerio je pažnju na to da se toplota može pretvoriti u rad. Karno bi sigurno još mnogo doprineo termodinamici, ali je, nažalost, umro od kolere u 36. godini.

Ideje Karnoa nisu imale veliki odjek sve dok ih nije prihvatio **Džems Preskot Džul** (1818 – 1889) iz Mančestera. Bio je učenik čuvenog biologa Daltona. Džul je vrlo vešto izvršio niz ogleda sa ciljem da nađe odnos rada i toplote. Merio je količinu toplote proizvedene poznatom količinom utrošenog rada, npr. pri kružnom kovitlanju vode u nekom sudu. Odredio je jedinicu rada kao količinu rada koji je utrošen da bi se jedan kilogram tereta podigao na jedan metar visine, a za jedinicu toplote, kaloriju, kao količinu toplote koju je potrebno dovesti da se zagreje jedan kilogram vode za jedan stepen. Zatim je pokazao da postoji utvrđeni odnos između ove dve jedinice. Dakle, uvek jedinica toplote daje isti određeni broj jedinica rada. Taj broj se nazivao „mehanički ekvivalent toplote“. Znači, toplota i rad su međusobno zamenljivi. Danas se ove veličine tretiraju kao jedna.

Rad se može izvršavati i drugim sredstvima, ne samo toplotom, kao npr. elektricitetom ili energijom zračenja. Postoji i kinetička energija kretanja koja se obično merila kao „vis viva“, ili, kako je Džul zvao, „živa sila“, ali i potencijalna energija, kao što je energija koja se stvara podizanjem tega na časovniku. Džul je utvrdio da su i ove zamenljive u utvrđenom odnosu i da svaka ima tačno odgovarajući iznos izražen toplotom.

Iste, 1847. godine, kao i Džul, nemački fizičar **Herman Helmholc** (1821 – 1894) objavio je knjižicu „Održavanje sile“. I on je utvrdio da su toplota i rad zamenljivi po utvrđenom odnosu.

Ovim problemom se, faktički u isto vreme, počeo baviti **Viljem Tomson** (1824 – 1907), koji je kasnije postao lord Kelvin Njegov put ispitivanja bio je matematičke prirode. Upotrebio je izraz „energija“, kojeg je već bio uveo Jang. Kelvin je predložio i tačnu skalu za merenje energije ili toplote. Usvojivši pretpostavku da je toplota neko nesređeno kretanje čestica jednog tela, on je predložio da se temperatura meri počev od nule, tj. od one tačke (onog stanja) na kojoj nema nikakvog takvog kretanja. To je nazvao apsolutna nula. Neka Karnoova teorijska razmatranja su pokazala da je ova tačka ista za sve supstance i da iznosi –273°C. Do tada se za merenje temperature koristilo širenje žive ili nek druge supstance, ali ova nova Kelvinova apsolutna skala nije zavisila od svojstava supstanci.

3.7.6. Kinetička teorija gasova

Sa dotadašnjim stepenom poznavanja strukture materije, naučnici su bili u prilici da prodube to znanje. Postavili su za cilj da ispitaju ponašanje molekula i atoma da bi tako mogli da objasne mnoga poznata svojstva materije. Ovo je bilo najlakše izračunati kod gasova, gde su „loptice" najrazmaknutije i najpokretljivije.

Bojl je pokušao da objasni strukturu vazduha preko svoje teorije „vazdušne opruge". Zamislio je „model" vazduha kao „gomilu malih tela koja leže jedna na drugim", slično vunenim vlaknima na runu. U runu ima mnoštvo malih, savitljivih vlakana koja se, poput malih opruga, mogu ukovrdžati, ali na kraju uvek teže da se isprave, opruže. Ovo je podrazumevalo da su čestice vazduha u međusobnom dodiru. Suprotno ovom shvatanju, Gasendi je u svom delu „Filozofska sintagma", 1658. godine, potvrdio da su čestice vazduha udaljene jedna od druge i da svojim kretanjem održavaju ovu razdvojenost. Mislio je da se ovakvom koncepcijom može potpuno objasniti ponašanje gasova.

Huk je, dvadeset godina kasnije, izneo sličan stav, tvrdeći da pritisak vazduha proizilazi od tvrdih čestica koje se brzo kreću, udarajući u zidove suda u kome se vazduh nalazi. Pokušao je da pokaže da, ukoliko se zapremina gasa menja, i pritisak mora da mu se menja u srazmeri sa gustinom. To nije uspeo da dokaže. Tek šezdeset godina kasnije, profesor Univerziteta u Bazelu, **Danijel Bernuli** (1700 – 1782) dokazao je da bi ovaj zakon bio tačan pod uslovom da su čestice infinitezimalne (vrlo male). Takođe je ispitivao kakv bi taj zakon trebalo da bude sa česticama koje su znatne veličine.

Prošlo je gotovo celo jedno stoleće od kada su ponovo oživela istraživanja na ovom problemu. Radovi Džula (1848) Klauzijusa (1857) i Meksfela (1859) naročito su razjasnili ovu problematiku.

Džul je izračunao da bi molekuli morali da se kreću brzo kako bi svojim udarcima proizveli dati pritisak. Tvrdio je da bi njihova brzina u vazduhu u prizemlju bila oko 500 m/s. To je približno jednako brzini kojom se kreće puščano zrno. U toplijem vazduhu, molekuli vazduha se kreću brže nego u hladnijem. Zaključio je da je energija kretanja po jednom molekulu srazmerna temperaturi izraženoj u apsolutnoj (Kelvinovoj) skali.

Ovim problemom se preciznije bavio profesor Univerziteta u Bonu, **Rudolf Klauzijus** (1822 – 1888). On je 1857. godine, da bi uprostio posao, uveo tri pretpostavke. Prvo, svi se molekuli u gasu kreću jednakom brzinom; drugo, među njima ne deluje nikakva sila, osim prilikom sudara; treće, svi

oni su male veličine. Pod ovim uslovima je našao da je pritisak gasa jednak dve trećine energije kretanja svih molekula gasa koji se nalaze u jedinici zapremine gasa. Ovim je odmah objašnjen Bojlov zakon. Jer, ako bi se dozvolilo da se gas širi na dvostruku zapreminu od one koju je prvobitno zauzimao, ukupna energija molekularnog kretanja ostala bi ista, tako da bi energija po jedinici zapremine bila prepolovljena. Iz ovoga proizilazi da bi se i pritisak smanjio na pola. Pod pretpostavkom da se gas zagreje, ali se pri tome njegova zapremina ne menja, tada bi energija molekularnog kretanja porasla srazmerno sa apsolutnom temperaturom, tako da bi i pritisak bio srazmeran apsolutnoj temperaturi. To je onaj poznati zakon Šarla i Gej Lisaka, koji je **Gej Lisak** (1778 – 1850) prvi objavio 1802. godine, mada ga je ogledom otkrio **Šarl** (1746 – 1823) oko 1787. godine.

Klauzijus je dokazao da se molekuli različitih gasova kreću različitom brzinom i da je brzina molekula obrnuto proporcionalna kvadratnom korenu njegove molekularne težine. Ovaj zakon je otkrio Tomas Gream 1848. godine, vršeći oglede širenja gasova kroz porozne materije. Klauzijus je pokazao i da Avogardov zakon iz ovoga proizilazi kao logična posledica.

Tri Klauzijusove uvedene pretpostavke nisu logične. Jer, molekuli se međusobno često sudaraju. Pri svakom sudaru menja im se brzina. Tako, kad bi čak u jednom trenutku brzine i bile iste, one bi, zbog sudara, odmah posle toga bile različite. Kakva bi bila prosečna brzina molekula, 1859. godine je počeo da ispituje Džems Klark Meksfel, profesor fizike u Aberdinu, a potom u Kembridžu. Njega je interesovalo kakve su brzine pojednih molekula posle sudara, u odnosu na tu prosečnu brzinu. Matematički elegantno je rešio taj problem. Rezultat je poznat kao Meksfelov zakon. Kasnije, (1887. godine) holandski fizičar Antun Lorenc dao je precizan dokaz zasnovan na metodu bečkog profesora Antona Bolcmana (1868).

Meksfelov zakon pokazuje da je raspored brzina veoma sličan rasporedu promašaja kada nekoliko strelaca nišani u centar mete. To je ona statistička normalna raspodela. Naravno, metoda je dvodimenzionalna, a molekuli se kreću u prostoru (trodimenzionalno). Egzaktno (jednačinom) iskazati zakon kretanja molekula, bilo je nužno za njegovo dalje dopunjavanje. I sam Meksfel je izvršio popravku, pretpostavljajući da molekuli deluju odbojnom silom i kad nisu u dodiru.

Molekuli gasa nisu jednake veličine. Manji molekuli putuju dalje bez sudara i tako prodiru dublje u susedne slojeve gasa. Tako, ova pojava može da posluži za određivanje veličine molekula. Pronađeno je da prosečni molekul ima prečnik od jednog četrdesetmilionitog dela santimetra i da u vazduhu u prizemlju molekul pređe otprilike stošesthiljaditi deo santimetra

oni su male veličine. Pod ovim uslovima je našao da je pritisak gasa jednak dve trećine energije kretanja svih molekula gasa koji se nalaze u jedinici zapremine gasa. Ovim je odmah objašnjen Bojlov zakon. Jer, ako bi se dozvolilo da se gas širi na dvostruku zapreminu od one koju je prvobitno zauzimao, ukupna energija molekularnog kretanja ostala bi ista, tako da bi energija po jedinici zapremine bila prepolovljena. Iz ovoga proizilazi da bi se i pritisak smanjio na pola. Pod pretpostavkom da se gas zagreje, ali se pri tome njegova zapremina ne menja, tada bi energija molekularnog kretanja porasla srazmerno sa apsolutnom temperaturom, tako da bi i pritisak bio srazmeran apsolutnoj temperaturi. To je onaj poznati zakon Šarla i Gej Lisaka, koji je **Gej Lisak** (1778 – 1850) prvi objavio 1802. godine, mada ga je ogledom otkrio **Šarl** (1746 – 1823) oko 1787. godine.

Klauzijus je dokazao da se molekuli različitih gasova kreću različitom brzinom i da je brzina molekula obrnuto proporcionalna kvadratnom korenu njegove molekularne težine. Ovaj zakon je otkrio Tomas Gream 1848. godine, vršeći oglede širenja gasova kroz porozne materije. Klauzijus je pokazao i da Avogardov zakon iz ovoga proizilazi kao logična posledica.

Tri Klauzijusove uvedene pretpostavke nisu logične. Jer, molekuli se međusobno često sudaraju. Pri svakom sudaru menja im se brzina. Tako, kad bi čak u jednom trenutku brzine i bile iste, one bi, zbog sudara, odmah posle toga bile različite. Kakva bi bila prosečna brzina molekula, 1859. godine je počeo da ispituje Džems Klark Meksfel, profesor fizike u Aberdinu, a potom u Kembridžu. Njega je interesovalo kakve su brzine pojednih molekula posle sudara, u odnosu na tu prosečnu brzinu. Matematički elegantno je rešio taj problem. Rezultat je poznat kao Meksfelov zakon. Kasnije, (1887. godine) holandski fizičar Antun Lorenc dao je precizan dokaz zasnovan na metodu bečkog profesora Antona Bolcmana (1868).

Meksfelov zakon pokazuje da je raspored brzina veoma sličan rasporedu promašaja kada nekoliko strelaca nišani u centar mete. To je ona statistička normalna raspodela. Naravno, metoda je dvodimenzionalna, a molekuli se kreću u prostoru (trodimenzionalno). Egzaktno (jednačinom) iskazati zakon kretanja molekula, bilo je nužno za njegovo dalje dopunjavanje. I sam Meksfel je izvršio popravku, pretpostavljajući da molekuli deluju odbojnom silom i kad nisu u dodiru.

Molekuli gasa nisu jednake veličine. Manji molekuli putuju dalje bez sudara i tako prodiru dublje u susedne slojeve gasa. Tako, ova pojava može da posluži za određivanje veličine molekula. Pronađeno je da prosečni molekul ima prečnik od jednog četrdesetmilionitog dela santimetra i da u vazduhu u prizemlju molekul pređe otprilike stošesthiljaditi deo santimetra

između dva uzastopna sudara. Taj slobodni put molekul pređe za oko osammilijarditih delova sekunde.

Holandski naučnik Van der Val je 1873. godine uočio da je Meksfelova pretpostavka da se molekuli odbijaju, u suprotnosti sa pojavom kapilarne privlačnosti i napona na površini tečnosti. On je pretpostavio da se molekuli na bliskom rastojanju uzajamno privlače. Ispitao je kako bi se neka supstanca ponašala pod takvim uslovima. Otkrio je da bi ona mogla da postoji u tri stanja: tečnom, čvrstom i gasovitom.

Do tada se pretpostavljalo da se svaki gas može pretvoriti u tečnost pod dovoljno velikim pritiskom. Andrus je 1869. godine pokazao da to nije tako i da svaki gas ima svoju kritičnu temperaturu, i sve dotle dok se gas nalazi iznad ove kritične temperature, nikakav ga pritisak, ma koliko bio veliki, ne može pretvoriti u tečnost. Ovi eksperimenti i Van der Valova teorija, koja ih objašnjava, doveli su do ovladavanja tehnikom pretvaranja gasova u tečnosti. To je našlo veliku primenu u tehnici hlađenja. Pre kraja XIX veka, svi obični gasovi, izuzev helijuma, mogli su da se pretvore u tečnost. Tek 1908. godine, holandski naučnik Ones iz Lejdena pretvorio je gas helijum u tečnost pri kritičnoj temperaturi od –268°C.

3.7.7. *Razvoj nauke o elektricitetu i telegrafu*

Početak savremene nauke o elektricitetu započinje 1600. godine, kada je Gilbert objavio svoje delo „O magnetu“. U knjizi je posvećeno više pažnje magnetizmu, nego elektricitetu. To je razumljivo, jer je magnetizam u tom vremenu imao važnu praktičnu primenu u moreplovstvu. Pomorski kompas, tanki magnet na osloncu, pronašli su Kinezi, u XI veku, a u Evropu je došao preko arapskih moreplovaca. Elektricitet tada nije imao nikakvu korisnu primenu. Odlike magnetizma je bilo lako pokazati, jer je svako u džepu mogao nositi mali komad prirodnog magnetnog kamena, dok je električno dejstvo bilo teže prikazati.

Upravo zbog raširene primene magneta, o njemu je vladala masovna praznoverica. Verovalo se da magnet ima magičnu moć, da leči bolesti, ali i da gubi tu moć, ako ga premažemo belim lukom. Gilbert je počeo da izučava privlačnu snagu prirodnog magneta.

Elektricitet je bio poznat još u drevnim vremenima. Znalo se da, protrljan, komad ćilibara može da privlači lake predmete. Gilbert je ovo tumačio time da se elektricitet nalazi u predmetu koji se trlja. Napravio je prvi jedno-

između dva uzastopna sudara. Taj slobodni put molekul pređe za oko osammilijarditih delova sekunde.

Holandski naučnik Van der Val je 1873. godine uočio da je Meksfelova pretpostavka da se molekuli odbijaju, u suprotnosti sa pojavom kapilarne privlačnosti i napona na površini tečnosti. On je pretpostavio da se molekuli na bliskom rastojanju uzajamno privlače. Ispitao je kako bi se neka supstanca ponašala pod takvim uslovima. Otkrio je da bi ona mogla da postoji u tri stanja: tečnom, čvrstom i gasovitom.

Do tada se pretpostavljalo da se svaki gas može pretvoriti u tečnost pod dovoljno velikim pritiskom. Andrus je 1869. godine pokazao da to nije tako i da svaki gas ima svoju kritičnu temperaturu, i sve dotle dok se gas nalazi iznad ove kritične temperature, nikakav ga pritisak, ma koliko bio veliki, ne može pretvoriti u tečnost. Ovi eksperimenti i Van der Valova teorija, koja ih objašnjava, doveli su do ovladavanja tehnikom pretvaranja gasova u tečnosti. To je našlo veliku primenu u tehnici hlađenja. Pre kraja XIX veka, svi obični gasovi, izuzev helijuma, mogli su da se pretvore u tečnost. Tek 1908. godine, holandski naučnik Ones iz Lejdena pretvorio je gas helijum u tečnost pri kritičnoj temperaturi od –268°C.

3.7.7. *Razvoj nauke o elektricitetu i telegrafu*

Početak savremene nauke o elektricitetu započinje 1600. godine, kada je Gilbert objavio svoje delo „O magnetu“. U knjizi je posvećeno više pažnje magnetizmu, nego elektricitetu. To je razumljivo, jer je magnetizam u tom vremenu imao važnu praktičnu primenu u moreplovstvu. Pomorski kompas, tanki magnet na osloncu, pronašli su Kinezi, u XI veku, a u Evropu je došao preko arapskih moreplovaca. Elektricitet tada nije imao nikakvu korisnu primenu. Odlike magnetizma je bilo lako pokazati, jer je svako u džepu mogao nositi mali komad prirodnog magnetnog kamena, dok je električno dejstvo bilo teže prikazati.

Upravo zbog raširene primene magneta, o njemu je vladala masovna praznoverica. Verovalo se da magnet ima magičnu moć, da leči bolesti, ali i da gubi tu moć, ako ga premažemo belim lukom. Gilbert je počeo da izučava privlačnu snagu prirodnog magneta.

Elektricitet je bio poznat još u drevnim vremenima. Znalo se da, protrljan, komad ćilibara može da privlači lake predmete. Gilbert je ovo tumačio time da se elektricitet nalazi u predmetu koji se trlja. Napravio je prvi jednostavni instrument za pokazivanje prisustva elektriciteta — elektroskop. Sastojao se od lake metalne igle koja je mogla da se obrće horizontalno na jednoj osovini. Trljao je različite supstance i ispitivao njihovo dejstvo na pokretanje igle. Sve materijale je, prema ovome, podelio u dve grupe. Oni, poput sumpora i smole, koji su privlačili iglu i oni, kao srebro i bakar, koji nisu pokazivali tu moć. Gilbert je prvu grupu materija nazvao „električne“, a drugu „neelektrične“. Ove neelektrične supstance danas nazivamo provodnici, jer kroz njih elektricitet protiče, tako da one ne mogu zadržati napon elektriciteta duže od jednog vrlo malog dela sekunde. „Električne“ supstance su izolatori, jer kroz njih elektricitet ne može lako da struji, tako da se može zadržavati u njima. Elektricitet se može zadržavati i u provodnicima ako se na krajeve postave izolatori koji sprečavaju oticanje. Bez izolatora, pokušaj zadržavanja elektriciteta bio bi ravan pokušaju da se voda zadrži u rešeti. Gilbert za ovo nije znao, nije izolovao svoj elektroskop i zato nije mogao da zapazi odbijanje igle od „drugih“ materijala. Kabeus je 1629. godine prvi zapazio da metalni opiljci privučeni protrljanim ćilibarom često odskaču po nekoliko santimetara od ćilibara, kada ga dodirnu.

Oto Gerik je 1672. godine izveo eksperiment sa jednom sumpornom loptom koju je postavio na gvozdeni stub. Loptu je jednom rukom okretao a drugom trljao, stvarajući tako dosta elektriciteta. Mala laka tela, kao pera, naizmenično bi se odbijala i privlačila od spoljašnjeg dela lopte prema podu, dok bi istovremeno pera koja su se nalazila unutar kugle bila privlačena a zatim odbijana od zidova kugle prema njenom centru. Naučnik Fej je 1730. godine ovo privlačenje i odbijanje pokušao da objasni pretpostavkom da sve supstance imaju dve vrste električnog fluida. One su obično jednake po količinama i tako potiru jedna drugu, pa ih je on nazvao pozitivni i negativni elektricitet. One su se mogle razdvajati trenjem, i tada bi na jednom delu privlačile a na drugom odbijale (unutrašnji i spoljašni deo kugle). Ovo saznanje je u saglasnosti sa današnjom naukom.

Sve dok se nisu našle bolje metode za manipulisanje elektricitetom, kao i za njegovim prikupljanjem, nauka o njemu nije mogla da krene krupnijim koracima napred. Oko 1731. godine, primećeno je da se elektricitet može preneti iz jednog tela na drugo, ako se spoje provodnikom. Naučnici Mušenbrok iz Lejdena i Klajet iz Kumina su, istovremno i nezavisno, 1745. godine otkrili da se elektricitet može nagomilati u jednom „kondenzatoru“ načinjenom od dve provodne ploče između kojih je postavljena ploča od izolacionog materijala. Ta naprava je poznata pod nazivom Lejdenska boca.

Tada dolazi na red i ispitivanje elektriciteta atmosfere. To je prvi izučavao čuveni Amerikanac **Bendžamin Frenklin** (1706 – 1790). Tvrdio je

da je munja rezultat električne provodljivosti. Ovo je pokazao jednim ogledom koji zamalo da plati gubitkom života, jer nije pretpostavio količinu „lagerovanog“ elektriciteta u oblacima. On je 1752. godine pustio jednog zmaja, privezanog konopcem, na čijem drugom kraju je bio ključ koga je držao u ruci. Pošto je počela da pada kiša i konopac učinila provodnikom, zbog vlažnosti, elektricitet se, preko ključa, sručio u čoveka. Od toga umalo da Frenklin pogine.



Sl. 3.4. Bendžamin Frenklin, eksperiment ispitivanja munja.

Kevendiš, 1771. i Kulon, 1785. godine su pronašli zakon odbijanja i privlačenja raznorodnog i istorodnog elektriciteta. Tako, već pri kraju XVIII veka, nauka o elektricitetu koji miruje, elektrostatika, bila je dostigla visok nivo. Tek vek kasnije, pronalaskom elektrona, razvila se nauka o „električnim punjenjima u pokretu“, tj. električna struja.

Aleksandar Volta (1745 – 1827) iz Pavije, pokazao je 1800. godine da električno dejstvo može nadražiti čulo pipanja, ukusa i vida, i na taj način stvoriti razne osećaje u telu. Tako, ako se dva novčića od različitih metala postave, jedan na jezik, a drugi ispod jezika, pa se potom njihove površine

spoje provodnom žicom, na jeziku se javlja osećaj slanog. On je ovo pripisao životinjskom elektricitetu, misleći da se dešava zbog prisustva žive materije. Međutim, uskoro je utvrđeno da se ova električna pojava javlja i kad se umesto jezika koristi debeli karton natopljen slanom vodom. Zatim je ređao slojeve cinka, hartije, bakra, cinka, hartije, bakra i tako redom, do ma kog broja, ali je važno da takav „slog“ započinje cinkanom pločom i završava bakarnom. Spajanjem spoljašnjih ploča provodnikom, uvek bi kroz provodnik proticala struja. Ova električna naprava se zvala „Voltin stub“, preteča električnih baterija i akumulatora. Iz njih se dobijala električna struja, sve dok dinamo – mašina nije ušla u upotrebu, nešto kasnije.

Ređali su se zatim pronalasci o zakonima kretanja struje i njena povezanost sa magnetnim poljem. Pronađen je način za stvaranje struje mehaničkim radom, kojim se pomera magnet. Magnet se mogao pokretati mašinom koja sagoreva ugalj. Tako se toplotna energija uglja mogla pretvarati u energiju električne struje. Rodila se nova nauka o elektrotehnici, kojoj je neizmerno veliki doprinos dao Srbin Nikola Tesla (1856 – 1943).

Pronalazak generatora struje predstavljao je veliki korak napred u razvoju nauke. Za vreme eksperimentisanja sa elektromagnetom, uočeno je da se otvaranjem i zatvaranjem strujnog kola može slati jednostavan signal dugih i kratkih impulsa na određeno rastojanje duž žice. To čini osnovu telegrafa, pisanja na daljinu. Ti signali su na početku brzo iščezavali kroz žicu, zbog otpora i male snage baterija. Da bi prevazišao otpor u žici, što je slabilo tok struje na većim rastojanjima, Jozef Henri je pronašao električni relej, kojim se mogao aktivirati mali izvor duž puno tačaka na žici. Pronalazak generatora i releja omogućio je konstrukciju praktičnog telegrafa kojim su se mogli slati signali na velika rastojanja, kroz žicu. Za taj pronalazak zaslužan je **Samuil Morze** (1791 – 1872). To je imalo revolucionarni značaj i u meteorologiji, jer su se sada mogli, u kratkom roku, sakupiti podaci o vremenu, sa velikih prostranstava, čime se meteorologija teorijski i praktično razvija u korisnu nauku.

Ovde završavamo opisivanje opšte korisnih naučnih doprinosa, jer se oni progresivno uvećavaju i zahtevaju posvećivanje velike pažnje. A mi se, rukovođeni glavnom namenom ove knjige, da govorimo o meteorologiji, moramo još jednom, po treći put, vratiti u tamnu prošlost i izvući meteorologiju iz prostora mraka na svetlost današnjice.

Glava

4 RANI RAZVOJ METEOROLOGIJE

4.1. Počeci meteorologije

4.1.1. Uvod

Kao i kod drugih nauka, nije moguće naći tačan početak meteorologije. Pri ovom se mora uzeti u obzir kada se govori o meteorologiji kao nauci a kada o meteorologiji kao oblasti znanja. Meteorologija kao naučna disciplina je mlađa nego meteorologija kao oblast znanja, čiji počeci sežu u daleku prošlost ljudske civilizacije.

Lovci i zemljoradnici iz ranog perioda bili su pod snažnim uticajem vremena. To ih je prisililo da osmatraju fenomene vremena i da pronalaze znake koji bi im kazali šta ih u pogledu vremena očekuje u budućnosti. Ti sakupljeni znaci vremena su prenošeni sa generacije na generaciju, dobijajući formu kratkih izreka, što je olakšavalo njihovo upamćivanje.

Prve velike stare civilizacije su se razvile oko najvećih reka Afrike i Azije: Nila u Africi, Tigra i Eufrata u Zapadnoj Aziji, Inda i Ganga u centralnom delu Azije, Huanho i Jangce u Istočnoj Aziji.

Stari Egipćani su i pre 3500 godine p.n.e. imali religijske običaje vezane za nebo, u vidu rituala prizivanja kiše (ili veštačkog stimulisanja kiše, kako bi se našim modernim jezikom reklo). U svim religijama starog doba verovalo se da su atmosferski procesi pod kontrolom bogova.

Vavilonska civilizacija se razvila oko reka Tigra i Eufrata 3000 – 300. godine p.n.e. U nedostatku odgovarajućih biljaka, kao onih od kojih su Egipćani pravili papire za pisanje, Vavilonci su koristili glinene ploče. Na takvim pločama su slovima zapisivani razni interesantni zapisi. Ploče bi zatim pekli, da bi zapis ostao trajan, sl. 4.1. Hiljade ovakvih ploča je upotrebljeno za zapisivanje matematičkih, astronomskih, trgovačkih i drugih poslova. Sa tih ploča moglo se pročitati da je meteorologija bila važan deo kulture.





Sl. 4.1. *Zapisi na vavilonskim pečenim pločama i numerički sistem.*

Da bi povezali atmosferske fenomene sa kretanjem nebeskih tela, Vavilonci su uveli astrometeorologiju. Ona se bavila prognozom vremena na osnovu određenih znakova nebeskih tela. Prognoze su ovog tipa: „Kada se vidi tamni halo oko Meseca, taj mesec će biti kišan ili će se oblaci skupljati“,

ili, „Kada rastu tamni oblaci u nebesa, duvaće vetar". Oni su takođe oblake, vetrove i grmljavine koristili kao predznake dobrih i loših događaja. Tako nalazimo: „Kada grmi u dane iščezavanja Meseca, rod će biti dobar i tržište će biti stabilno".

Vavilonci su koristili ružu vetra sa osam smerova. Za to su koristili četiri osnovna smera, strane sveta; jug, sever, istok, zapad (sutu, iltanu, sadu, amura). Kombinujući ove reči sa „u" pravili su naziv sa četiri međusmera. Tako, jugoistok su nazivali „sutu u sadu", severozapad „iltanu u amura". Do nedavno se mislilo da je ovaj metod označavanja međusmerova vetra na osnovu četiri osnovna novijeg datuma.

4.1.2. Neki najraniji zapisi o vremenu

Čak i u najranijem periodu življenja, čovek je nastojao da napravi razliku između prirodnih fenomena koji donose neudobnost i onih drugih. Loša skloništa nisu pružala dovoljno dobru zaštitu od lošeg vremena, a njihovi usevi su često uništavani sušom ili obilnim padavinama. Kaluđeri primitivnih religija su im govorili da veruju u bogove onih elemenata protiv kojih čovek ne može da se bori. Tako, prvi bogovi svih naroda bili su bogovi Sunca i Meseca, grmljavine, munja, vetra i mora. Tako ima bog Oziris u Egiptu, skitski bog Sunca Otosirus, Posejdon u Grčkoj, Indra grmljavinski u Indiji i Vulkan u starom Rimu. Nešto kasnije u Taoističkoj religiji formirano je celo božansko ministarstvo sa jasno uređenim hijerarsijskim redom, poređanim prema žestini meteoroloških procesa. Ova božanska administracija obuhvata: Boga grmljavine i munja; grofa vetra; gospodara kiše i njihovog šegrta Jun tun, kao i dečaka oblaka, čiji je posao da ploveći rezervoar (oblak) drži stalno punim vode. Kod starih Slovena je bio poštovan bog Perun, koji je bio bog Sunca i munje. Zvao se i „Dah-bog".

O vremenu u tim starim epohama može se saznati iz poema i raznih filozofskih dela. Po dubini prikazanih detalja o vremenu, može se zaključiti da su pisci bili predani osmatrači vremena. Evo nekoliko primera iz raznih zemalja i kultura.

U Odiseji, knjiga peta, Homer opisuje vetrove koji duvaju, kako severni i zapadni zamenjuju južne i istočne. U Ilijadi, knjiga 24, opisuje se lepota duge čiji se donji deo utapa u more.

U delu „Tao te čing" (oko VI veka p.n.e.), koje je ranije pripisivano kineskom filozofu Lao Cu, piše: „Jak vetar ne može duvati celo jutro a jaka

kiša ne može trajati ceo dan".

U indijskoj epskoj poemi „Mahabharata" vrlo slikovito u živim bojama se opisuje dolazak letnjeg monsuna u Indiji. Tako, u jednom delu piše: „I onda (bog grmljavinskih oblaka i munja)... tako obožavan od Kadru, prekri ceo nebeski svod sa masivnim oblacima... I ti oblaci obasjani munjama, neprestano urliču jedni na druge na nebesima, kuvajući obilje vode... I kao posledica bezbrojnih talasa uslovljenih jakim pljuskom, snažnog urlika oblaka, sevanja munje, žestokog vetra, i opšteg vrenja, nebo je izgledalo kao zanosno plesanje. Nebo postaje potpuno prekriveno oblacima i sunčevi zraci i Mesec nestaju kao posledica te uzburkanosti... I voda prekri zemlju unaokolo."

Nešto napred u istoj poemi se opisuje prašinska oluja u Indiji: „Garuda (legendarni kralj ptica)... skupi svoja krila i uspe se na nebo. On odmah pade zbog Nišade... I savi se savladan od Nišade, koji podiže ogromnu prašinu i rasprši je po nebesima".

Slične opise nalazimo i u Kuranu. Tako, u suri 30 piše: „Alah je jedini koji šalje vetrove, tako da oni nose oblake koji se šire po nebu baš onako kao što on želi".

Vidi se da je svuda zastupljena ideja da bog vlada svom prirodom i ljudima. To je udaljavalo ljude od pronalaženja pravih zakona funkcionisanja prirode. Protiv toga se nije bilo lako izboriti. Tako je Pitagora (rođen 570. g.p.n.e.) pokušao da ograniči božansku moć time što je tvrdio: „Bog uvek radi tako da poštuje pravila geometrije".

U meteorologiji prva pravila po kojima se ponaša priroda su bila ona po kojima se smenjuje vreme u toku godine. Staroslovenske legende govore o stalnoj borbi između Dobra i Zla, zime i leta, svetla i tame. Te suprotnosti su personifikovane kroz bogove. „Belobog" predstavlja Dobro a „Černobog" predstavlja Zlo. I u tradicijama drugih naroda često se sreću isti motivi. Tako, Hesid (VIII vek p.n.e.) piše u delu „Radovi i dani" kako je celog života grčki seljak bio zavisan od kretanja Sunca i drugih nebeskih tela".

U bližoj prošlosti od one u kojoj su nastala navedena dela, meteorologija kao faktor opstanka ulazi u život ljudi na jedan „ozbiljniji" način. Tako u doba Metona (oko 433. g.p.n.e.) na trgovima grčkih gradova postavljaju se kalendari sa karakteristikama vremena u toj godini. Ti kalendari su sadržavali, pored ostalog, i prve godišnje prognoze vremena. Oni su se nazivali „Parapegma" (παραπηγμα), što ima koren u reči okačiti, obesiti. Neke od ovih parapegma sačuvane su zahvaljujući velikom astronomu Ptolomeju (rođen oko 90. godine n.e.). Većina informacija na tim kalendarima

odnosi se na vetar, padavine, hladno vreme, i na neke fenološke faze. Tako, npr, na jednom Aleksandrijskom parapegmu pominje se vrlo često pojava južnog vetra (νοτοζ) ili zapadnog vetra (ζεφμροζ), što nije u skladu sa onim što se sada zna o preovlađujućem vetru (u Aleksandriji sada preovlađuju severni vetrovi). I tada, kao i danas, u Aleksandriji su se javljale oluje uglavnom u zimskom periodu. Zapisano je da se kiša pojavljuje oko 30 puta godišnje, a grmljavinski oblaci su se pojavljivali u svim mesecima (što, opet, nije u saglasnosti sa današnjim dešavanjem, jer danas u Aleksandriji su leta suva). Takođe je zapisano da se leti dosta često pojavljivala magla, što nije slučaj danas. Očigledno, ili se vreme od tada znatno promenilo ili parapegme ne mogu da se smatraju kao potpuni klimatološki prikazi u smislu sveobuhvatnosti, kao što se to danas čini.

U kineskoj klasičnoj literaturi nalaze se podaci o fenološkim fazama, što može da posluži u interpretaciji vremena toga doba. Tako npr. u knjizi „Knjiga korisnika" autor Li Ki posvećuje celo poglavlje agronomskom kalendaru, koji obuhvata podatke do III veka p.n.e. U knjizi Ču Kung, koja je napisana na samom kraju prehrišćanske ere, navedeno je da je tada breskva cvetala u Šangaju 5. marta, a sada cveta oko 25. marta. Takođe piše da su se laste vraćale u Ningpo 21. marta (sada se vraćaju oko sredine marta) dok su se selile 21. septembra, a sada se retko viđaju u septembru (ranije se odsele). Svi ovi raznorodni podaci pokazuju da je tada bio topliji period nego što je sada. U kineskim hronikama nalazi se veliki broj zapisa o mrazu, snežnom pokrivaču, poplavama i sušama. Suše su bile naročito česte u IV, VI i VII stoleću naše ere. Datum poslednje pojave snega (osrednjen za desetogodišnji period) bio je 1. aprila za vreme dinastije Sung (1131 – 1260), što je oko 16 dana kasnije nego u deceniji od 1905 – 1914. godine.

Prvi pokušaji prognoze vremena na osnovu regionalnih karakteristika vršeni su vrlo davno. U knjizi „Ših – čing" Knjiga znakova, koja se odnosi na Ču period (1122 – 247. g.p.n.e.), zapisano je: „Ako se vidi duga na zapadu pri izlasku Sunca, ovo znači da će kiša odmah početi da pada". Potpuno slične znake vremena nalazimo i u Grčkoj. Tako Teofrast sa Erosa (oko 372 – 287. g.p.n.e.) piše: „...Mi smo opisali znake za vetar, kišu, oluje i vedro vreme tako da se oni mogu razumeti. Neke od ovih znakova sam sam osmatrao, a neke sam preuzeo iz drugih pouzdanih izvora". Prema njemu, pouzdan znak da će pasti kiša je zlatkasto – rumena boja na oblacima pre izlaska Sunca. Tamno crveno nebo pri zalasku Sunca, ili pramen magle u planinama su takođe znaci za kišu. Mnoga Teofrastova prognoziranja vezana su za praćenje ponašanja ptica i životinja. Teofrast je u svome delu „Znaci vremena" naveo veliki broj prognostičkih pravila. Tako, navodi osamnaest znakova koji predskazuju kišu, četrdeset i pet znakova za vetar, pedeset za

oluje i sedam znakova za prognoziranje vremena na period od oko godinu dana.

U Indiji, zemlji u kojoj su pravilne smene sezone, vršena su praćenja anomalija u tim smenama, s ciljem da se dobro prognozira vreme. Ne zna se tačno kada je prvi put pokušano da se prognozira da li će letnji monsun biti dobar ili loš (tj. da li će vladati izobilje ili glad).

U novije doba, Indijski astronom Varaha – mihira (5. vek) u 21. glavi svoje knjige „Brihat Samita" – Veliki zbornik, sređeno je prikazao različite znake koji bi mogli da posluže da se znatno unapred prognozira dolazak i obilnost monsunskih kiša. On je grupisao te znake prema Hindu lunarnim mesecima. Prema njemu, znaci dobre kiše su: u oktobru i novembru (njihovi meseci ne odgovaraju našim) je crveno nebo ujutru i uveče, halo, oblaci i odsustvo jakih hladnoća; u novembru i decembru crveno nebo ujutru i uveče, oblaci i halo, i samo malo snega; u decembru i januaru, jak vetar, vrlo hladno, tmuran izgled Sunca i Meseca i gusti oblaci pri izlasku i zalasku Sunca; u januaru i februaru, jak, suv olujni vetar, gusti oblaci sa ravnom bazom, pocepan halo i bakarno obojeno Sunce; u februaru i martu, oblaci praćeni sa vetrom i snegom; u martu i aprilu munje, grmljavine, vetar i kiša.

Prema ovome, ako su znaci kako je opisano onda će se javiti sledeći broj dana sa kišom (po kišnim mesecima): u maju 8, junu 6, julu 16, avgustu 24, septembru 20 i oktobru 3. Nema podataka o verifikaciji ovih pravila, iako su tako davno postavljena. Ima samo nekih fragmentarnih prikaza. Tako, indijski meteorolog Sen je našao da je za vreme jakog monsuna 1917. godine, broj kišnih dana bio znatno manji od onih iz „kalendara" znakova, javilo se 5, 6, 12, 15, 13 i 5 dana po odgovarajućim mesecima sa kišom.

I antički Jevreji su poklanjali veliku pažnju meteorološkim fenomenima. To je opisano u Starom Zavetu, kada su se Jevreji sučeljavali sa suvom klimom kada su iz ropstva napuštali Egipat. Kiša je i za njih u Maloj Aziji bila važna. I ma koliko se u Starom Zavetu često pominje kiša nigde nema o tome kako su oni zamišljali prirodu nastanka kiše. Ima na jednom mestu u knjizi proroka Amosa (oko VIII veka p.n.e.) nagoveštaja da je razumevao ciklus vodene pare. No, Biblija je jedan grandiozni ljudski dokument a nije udžbenik fizike oblaka. Zato ne bi trebalo u njoj očekivati odgovore takve vrste.

Dosta podataka o vremenu i klimi nalazi se u knjizi „Istorija Jermenije" od Moše iz Korina (V vek). Pominje se vlažan vazduh i česte magle u Adžhariji, snežne padavine, jak vetar i snežne oluje u višim predelima Jermenije. Na kraju knjige, pri nabrajanju razloga zbog čega opada moć zemlje,

on navodi negostoljubivu klimu „... Vetrovi, odnoseći leti suhovej (topao, suv vetar) i bolesti; oblaci koji izbacuju munje, grad, kišu, nemilosrdno padanje u neodgovarajuće vreme snežne oluje, mraz...“

4.1.3. Učenje o vremenu starih Grka

Antička nauka je postigla najveći razvoj, sistematičnost i jasnoću u Grčkoj, naročito u Atini. Početkom VI veka p.n.e. grčke kolonije su bile razasute duž celog Mediterana i Crnog Mora. U tom periodu, kroz svoje kolonije, Grci su bili upoznati sa kulturom celog zapadnog sveta. Bili su u prilici da puno preuzmu od njihovih prethodnika, Egipćana i Feničana, i da unaprede ranija relativno iscepkana znanja u nauku savremenog tipa.

Grci su poklanjali veliku pažnju činjenicama ili podacima koji su sakupljeni ranije. Imali su talenat da prodru u suštinu i nalazili su najprostija i najznačajnija objašnjenja. Imali su sposobnost apstraktnog mišljenja. Za stare Grke, prirodne nauke su bile u tesnoj vezi sa filozofijom života. Koliki su značaj pridavali meteorologiji, najbolje može da posluži zapis Aristofana: Razgovaraju dva Grka, Strepsiades i Aminias. Strepsiades reče: „Reci mi, da li Zevs kišom dotura stalno novu vodu na zemlju, ili Sunce staru vodu sa zemlje podiže i ponovo upotrebljava“. Na to odgovara Aminias: „Niti znam, niti me interesuje“. Zatim Strepsiades kaže: „A kako misliš da postaneš bogat ako ništa ne znaš o meteorologiji?“.

Meteorološka osmatranja najstarijih antičkih ljudi, i njihovih naslednika, Grka, vodilo je ka razmišljanju o zakonima prirode, koje su posle „prigrabili“ fizičari kao fizičke zakone. Zaista, razmišljali su o običnim pojmovima: hladnom, toplom, svetlom, tamnom i njihovim smenjivanjem i međuzavisnosti. To je nametnulo prve koncepte fizičkih dešavanja. Tako, meteorologija na početku je bila pokretač naučnog pristupa. Kroz vekove, fizika je preuzela u mnogim stvarima tu pokretačku snagu.

Može se reći, dakle, da su Grci prvi počeli sa regularnim meteorološkim osmatranjem vremena i da su ustanovili neka teorijska pravila. Od prvih značajnih Grka i u ovom poslu bio je Tales od Mileta.

U ranijoj istoriji meteorologije, od vremenskih fenomena najviše su pažnje privlačili grmljavine i munje. Tako, dva Talesova sledbenika, **Anaksimander** (oko 611 – 547. g.p.n.e.) i **Anaksimen** (oko 585 – 528. g.p.n.e.), imali su slične teorije o nastanku munje i grmljavine. Oni su tvrdili da grmljavina nastaje zbog sudara vazduha i oblaka, što kao rezultat tog naleta bor-

be daje grmljavinu. To takođe potpali vatru munje. Ova teorija podrazumeva da postoji supstanca vatra u atmosferi. Ovo verovanje je preovladavalo u meteorološkoj teoriji čak narednih 2000 godina.

Tales od Mileta
(620 – 540. g.p.n.e.)



Rodio se u Miletu, na jednom od Jonskih ostrva blizu obale Male Azije. Bio je jedan od sedam mudraca toga doba. On je filozof, matematičar, astronom, ali i meteorolog. Njega su interesovali meteorološki fenomeni. Tales je pokušao da poveže fenomene vremena sa kretanjem nebeskih tela. Posebno je posmatrao grupu zvezda koja se zove Hijada. Povezivao je dolazak kiše sa položajem ovog sazvežđa u odnosu na Sunce. Tales je smatrao da je voda osnovni činilac od koga je sve sastavljeno. Voda je osnova svega, i kretanjem pravi krug, dolazeći sa neba na zemlju, krećući se kroz sav živi svet i vraćajući se nazad na nebo. Nedvosmisleno je znao da su oblaci sastavljeni od vode, ali nema dokaze da je Tales razumeo proces kondenzacije i formiranje oblaka.

On je prva osoba koja je znala da primeni u praksi meteorološko znanje. Pažljivim osmatranjem, uočio je trendove vremena, što mu je omogućilo da jednoga leta predvidi obilan rod maslina. Potpuno siguran u to, odlučio je da pokupuje sve prese za ceđenje maslina do kojih je mogao doći. Prognoza se zaista ostvarila, i sa svojim presama je mogao da cedi bogat rod. Tako se obogatio. Ostatak života je mogao posvetiti nauci. A objašnjavao je razne stvari. Jednom se, putujući po Egiptu, upoznao sa problemom plavljenja Nila svake godine. Posle je dao objašnjenje ove pojave. Prema njegovom mišljenju, za plavljenje nije odgovorno povećanje količine vode u Nilu, već severni vetar, etezija, koji u to doba duva u oblasti sliva, sprečavajući vode Nila da se ulivaju u more. Ovaj problem je zaokupljao pažnju naučnika i duže od tri stotine godina posle Talesa.

Anaksimander je bio Talesov sugrađanin i prijatelj. Njegova knjiga „Peri physeos“ – O prirodi, objavljena je pred kraj njegova života. Samo mali deo od nje ostao je do naših dana, ali je lep prikaz o njemu dao Teofrast. Anaksimander je imao snažne umne sposobnosti koje je upotrebio i za osmatranje fenomena vremena. On je prvi definisao vetar kao „strujanje vazduha“. To je, kao što se zna, i današnja naučna definicija vetra. Ali, na veliko iznenađenje, ovo nije bilo opšte prihvaćeno od kasnijih naučnika prirode.

Anaksimen, treći Milećanin, prihvatio je Talesovu teoriju „osnovnih“ elemenata, ali je mislio da je vazduh, a ne voda, taj osnovni element. Jer, njegova osmatranja su pokazala potrebu vazduha za održanje života na zemlji. U njegovoj teoriji se tvrdi da vazduh sadrži nešto značajno što je nazvao „pneuma“ – dah. On je verovao da to održava sav život vasione, kao što vazduh održava ljudski život. Uprkos tome što je vazduh osnova supstance, on je smatrao da putem kondenzacije (zgrušavanja) i razređivanja razni oblici materije prelaze jedan u drugi. Tako, kada se voda razredi nastaje vazduh, a kada se i razredi i zagreje nastaje vatra, koja i nije ništa drugo do zagrejan vazduh. On je takođe verovao da je zemlja nastala zgrušavanjem vode. Tragovi ovog shvatanja o četiri osnovna elementa – zemlja, voda, vazduh, vatra, zauzeli su tako vidno mesto u nauci.

On je tvrdio da vazduh koji izdišemo kroz široko otvorena usta je topao a kada ga ispuštamo kroz mali otvor na usnama je hladan. To je potpuno tačno zapažanje. Međutim, njegovo tumačenje ovoga je pogrešno. Smatrao je, kada se vazduh komprimuje (sabija) da se on hladi (misleći da se vazduh komprimuje u ustima kada su usne skoro zatvorene) a kada se razređuje da se zagreva (što odgovara otvorenim ustima). Nije, dakle, zapazio da se vazduh tek po izlasku iz usta širi. To širenje je intenzivnije kada su usta malo otvorena nego kada su potpuno otvorena, i otuda brže hlađenje u prvom slučaju.

Poslednji iz grupe proslavljene Jonske škole bio je **Anaksagora** (oko 499 – 427. g.p.n.e.). On je izlagao svoja dela u Atini, odakle je, na kraju, proteran u rodnu Joniju zbog svojih materijalističkih pogleda i zbog neslaganja sa božanskim karakterom nebeskih zbivanja.

Pored ostalih interesovanja, izučavao je meteorologiju. Njegov zdrav naučni pristup bio je vidljiv i u meteorologiji. Pristup mu je bio taj, da bi prvo trebalo pažljivo osmatrati prirodu a zatim sprovoditi eksperimente za proveru neke hipoteze kada osmatranja nisu dovoljna. To je u suštini isti pristup nauci kao što je i danas. Prvi meteorološki fenomen koji je razmatrao jeste pojava zrna grada u letnjim mesecima. To je zbunjivalo sve dotadašnje prirodnjake koji su govorili da se voda ne može smrznuti pri toplom letnjem vremenu.

On je iz osmatranja zaključio da se temperatura vazduha snižava sa povećanjem visine i da oblak u sebi sadrži vlagu. Odatle je izvukao zaključak da se čak i leti voda u oblacima može smrznuti na velikim visinama. Postavilo se pitanje šta prisiljava oblak da se popne do visine gde se dešava zaleđivanje. Anaksagora je lako našao odgovor, pošto je znao da toplota tera vazduh da se podiže, stvarajući konvektivne struje u atmosferi. Prema tome,

toplota letnjeg dana pokreće vlažni oblak do takvih visina gde se vlaga zamrzava i vraća nazad na zemlju u obliku grada.

Sniženje temperature vazduha sa povećanjem visine Anaksagora tumači time što se sa povećanjem visine smanjuje intenzitet reflektovane sunčeve svetlosti od zemlje. Ovakav toplotni efekat, prema njemu, dešava se samo do određene visine u gornjem svemiru. Iznad te tačke, atmosfera ima različitu građu. Sastoji se od supstance koju naziva „etar“. Zbog ovoga, u gornjoj atmosferi temperatura bi počela da raste postajući tako topla da počinje da gori. Ali, ovo se dešava iznad tako velikih visina da to za meteorologiju nije značajno. Prema ovome vidimo da je Anaksagora potpuno pogrešnim razlozima opisao tačnu promenu temperature sa visinom. Interesantno je napomenuti da ova tačna promena temperature sa visinom nije bila prihvaćena u naučnim krugovima sve do devetnaestog veka.

Anaksagora je uveo „etar“ u gornju atmosferu, da bi objasnio uzrok pojave grmljavine i munja. Kako je pisao kasnije Aristotel, Anaksagora je smatrao da u oblacima ima i vatre, koja je deo etra iz gornjeg svemira spuštenog u donju atmosferu. Munje su bile uslovljene bleskom ove vatre kroz oblake, a grmljavina je šum od piska koji je nastao gašenjem vatre vodom iz oblaka. Anaksagora nije dao odgovor zašto se topla supstanca „etar“ spuštala u atmosferi umesto da se diže, kako je istakao u teoriji nastanka letnjeg grada.

Talesova i Anaksagorina teorija o osnovnom elementu (voda, odnosno vazduh) podstakla je druge „naučne rivale“ da razmišljaju u istom smislu. Tako je **Empedokle** iz Argentuma (oko 492 – 430. g.p.n.e.) sa Pitagorejcima uveo četiri osnovna elementa: vazduh, voda, zemlja i vatra, sa četiri svojstva: toplo, hladno, vlažno, suvo. Ovo shvatanje je bilo zastupljeno u meteorologiji punih 2000 godina. Pošto voda gasi vatru, Empedokle je zaključio da su to dva suprotna elementa. O ovome je bilo govora i u poglavlju (3.2).

Empedoklovo interesovanje za meteorološke fenomene uključivalo je i objašnjenje o nastanku grmljavine i munja. Njegova teorija je u suštini ista kao Anaksagorina, izuzev što tvrdi da je vatra u oblaku ustvari zarobljeni sunčev zrak. Čini se da je on prvi sugerisao da munja nastaje u oblaku.

Primenjujući njegov koncept svemira od četiri elementa, Empedokle je pokušao da objasni suprotne klimatske odlike leta i zime. Osnovni elementi vatra i voda su stalno jedan protiv drugog u atmosferi. Kada je toplo, vlada suva vatra, i počinje leto. Kada je vlažno hladna voda preovlađuje, i javlja se zima. Pošto se ova dva osnovna elementa menjaju na slučajan način

on nije objasnio zašto se ove dve sezone redovno smenjuju.

Sledeći koji se u V veku p.n.e. bavio fenomenima vremena bio je **Demokrit** (oko 460 – 370. g.p.n.e.). On je poznat kao geometar i zastupnik teorije atoma. Bio veliki putnik. Pisao je: „Ja sam lutao po većem delu Zemlje više od bilo kog čoveka moga doba, raspitivao se o dalekim stvarima. Posmatrao sam mnoge klimate i zemlje, i slušao mnoge učene ljude...". Ovo je verovatno bilo za vreme njegovog boravka u Egiptu kada je razmatran problem godišnjeg plavljenja reke Nil. Kao i Tales, i on je istakao značaj severnog vetra Etezije. Ali, Demokritovo tumačenje je kompleksnije i uključuje razmatranje većeg broja atmosferskih procesa. On uzima u obzir topljenje snega u severnom delu sveta, oko letnjeg solsticijuma, i oticanje vode od toga. Zatim formiranje oblaka od isparenja, i njihovo premeštanje prema jugu, prema Egiptu, gurani Etezijom. To je proizvodilo žestoke oluje koje su punile jezera i Nil.

Ovde je važno primetiti da je i Demokrit, kao i Anaksimander, vetar posmatrao kao strujanje vazduha. Još važnije je to što je uveo koncept kretanja oluja, o čemu se nije govorilo do osamnaestog veka. Smatralo se da se oluja ne kreće iz jednog mesta u drugo.

Demokrit je njegovu atomsku teoriju primenio na definiciju vetra, odnosno, dao je uzrok kretanja vazduha. On tvrdi da vetar nastaje kada ima mnogo delića (atoma) u malom prostoru, dok na drugoj strani vlada mirno stanje u atmosferi u kojoj ima malo delića u velikom prostoru.

Grmljavina i munje su takođe zaokupljale pažnju Demokrita. Na osnovu atomske teorije, on objašnjava grmljavinu i munje kao jedinstvenu smešu delića koji proizvode snažna kretanja iz oblaka ili unutar njega. Zaključeno je da se obe ove pojave dešavaju istovremeno, ali ih mi osećamo odvojeno, zbog toga što je vid brži od sluha. Ovu važnu konstataciju o istovremenom dešavanju munje i grmljavine, sledbenici nisu pominjali narednih 2000 godina.

Svakako, pri navođenju učenih Grka koji su svoja razmišljanja usmeravali prema meteorologiji, ne može da se izostavi **Hipokrat** sa Kosa (oko 460 – 375. g.p.n.e.). On se smatra, „ocem medicine". Razumevanje prirode vidi kao jedan od važnih delova njegove medicinske doktrine. Verovao je da se ne može biti dobar lekar bez poznavanja meteorologije. U svojoj raspravi „O vazduhovima (vazdusima), vodama i mestima", Hipokrat analizira različite klimatske delove i njihov uticaj na zdravlje stanovnika, kao i o bolestima koje preovlađuju na lokacijama koje su izložene specifičnim vetrovima. Očigledno se iz naslova rasprave vidi da je on smatrao da ima više vrsta

vazduha, sa posebnim karakteristikama, vezanim za to mesto. Takođe se vidi da on nije pokušao da traži uzroke tih lokalnih meteoroloških fenomena. Samo je posmatrao uticaj vremena na zdravlje ljudi, što je još i danas nedovoljno poznato.

Poslednji poznati Grk pre Aristotelovog perioda koji je izučavao meteorologiju jeste Platonov đak **Evdokije** (oko 408 – 355. g.p.n.e.). Verovalo se da je on bio autor dela „Ceimonos Prognostica" – Prognoziranje lošeg vremena. Radio je na problemima vezanim za periodičnost meteoroloških fenomena. Tu periodičnost nije samo uočio kod vetra, već i kod drugih obeležja ružnog vremena. Prema njegovom zaključivanju, periodičnost je bila četvorogodišnja, a taj period počinje uvek prestupne godine, pri izlasku zvezde Sirijus.

U ovoj ranijoj fazi razvoja meteorologije, većina prirodnjaka je posvećivala značajnu pažnju meteorologiji. Međutim, to izučavanje je bilo zasnovano na osmatranju i umnom zaključivanju, lišeno kvantitativnih pokazatelja, jer su meteorološki instrumenti uglavnom pronađeni u XVII veku. Da li je neka teorija bila prihvaćena ili ne, zavisilo je od spekulacije, a ne od stvarno utvrđenih činjenica. Ipak, sve te teorije čine osnovu Aristotelove meteorologije, koja je predstavljala neosporni autoritet o meteorološkoj teoriji u narednih 2000 godina.

4.1.4. Aristotelova Meteorologija

Meteorologija je obuhvatala značajan deo ukupnih znanja o prirodi. Na početku prve knjige, Aristorel kaže: „Mi ćemo razmatrati sadržaj koji su raniji pisci nazivali meteorologija". To pokazuje da je ova nauka dobila ime znatno pre njega. Ustvari, još Homer (oko VIII veka p.n.e.) je koristio ovaj naziv, ali je pod njim podrazumevao sve što se nalazi iznad zemlje. Aristotel je taj prostor podelio na dva dela: prvi, koji se prostire od Zemlje do Meseca, i sve što se tu dešava pripada meteorologiji, drugi, iznad putanje Meseca, i to opisuje astronomija. To je odredilo Aristotelov sadržaj Meteorologije.

Meteorologija je napisana u četiri knjige. U prvoj knjizi opisuju se fenomeni koji se dešavaju, po Aristotelovoj podeli, u gornjoj atmosferi (komete, zvezde padavice, itd.), ali i hidrometeori, vetar, reke i izvori. Gornja atmosfera je, prema Aristotelu, suva i topla, dok je donja vlažna. U drugoj knjizi se govori ponovo o vetrovima, zemljotresima, munjama i grmljavini. Treća knjiga opisuje oluje, vrtloge i svetlosne pojave u atmosferi. Četvrta knjiga obuhvata uglavnom hemiju atmosfere odnosno „Teoriju četiri elementa".



Aristotel (384 – 322. g.p.n.e.)

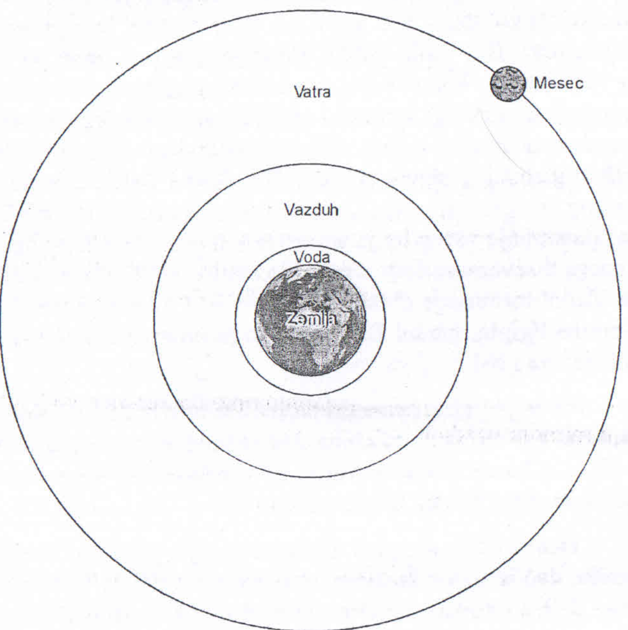
Rođen je u Stagiri, grčkoj koloniji koja je udaljena nekoliko kilometara od sadašnjeg manastirskog kompleksa Hilandar na planini Atos. U sedamnaestoj godini došao je u Atinu kao Platonov đak. Kada je Platon umro, 347. g.p.n.e, on se nastanio u Lebosu. Njegova reputacija kao naučnika je bila vrlo velika, te je postao učitelj mladog princa Aleksandra Makedonskog. Kada se vratio u Atinu bio je najpoznatiji učitelj, pisac i filozof toga vremena. Prvu knjigu o atmosferskim fenomenima, „Meteorologica" – Meteorologija, je on napisao.

Sadržaj Meteorologije pokazuje da su Grci u Aristotelovo vreme poznavali većinu najznačajnijih meteoroloških fenomena. Bili su tako pažljivi osmatrači da im čak nije bila nepoznata ni severna, odnosno polarna svetlost. Znao je da se grad pojavljuje češće u proleće nego leti, i znatno češće u jesen nego zimi. Bilo mu je poznato da u Arabiji i Etiopiji kiše padaju leti, a ne zimi, kao u Grčkoj, kao i da munja (svetlica) prethodi grmljavini. Primetio je da su boje duge uvek vrlo slične, i da je u spoljašnjoj, slabijoj dugi, redosled boja suprotan od onog u primarnoj, unutrašnjoj dugi, kao i da se rosa javlja pri slabom vetru.

Aristotel je Meteorologiju napisao rukovodeći se sa dva osnovna principa. Prvi je taj, da svemir smatra da je sfernog oblika. On je prihvatio Eudoksijev sistem o kretanju zvezda i planeta po koncentričnim sferama. Zemlja je u centru svih sfera. Aristotel je podelio svemir u dve oblasti: oblast zvezda, koja se nalazi izvan oblasti putanje Meseca, i u oblast Zemlje, ili podlunarna sfera, sl. 4.2.

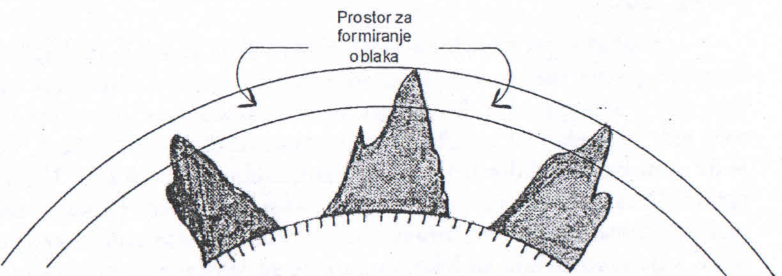
Njegov drugi princip polazi od Empedokleove teorije o četiri elementa, s tim što ih Aristotel raspoređuje u oblasti Zemlje kao što je prikazano na sl. 4.2. Sfere zemlje vode, vazduha i vetra nisu pravilne i čvrste, kao što je na sl. 4.2, već ponegde prožimaju jedna drugu. Tako, suvo kopno se uzdiže iznad vode, a vatra često gori na zemlji. To se prožimanje stalno menja po obliku. Kada toplota od Sunca dospe na površinu Zemlje, meša se sa hladnom i vlažnom vodom, stvarajući pri tome novu supstancu koja je slična vazduhu ali je topla i vlažna. Mešanjem te toplote sa hladnom i suvom zemljom, nastaje druga supstanca slična vatri, koja je topla i suva. Tako, Sunce stvara dve vrste isparenja. Jedno je uglavnom vlažno i u obliku tople pare.

Od njega se stvaraju fenomeni, kao oblaci, kiše, itd. Drugo isparenje je vruće i suvo, i ono predstavlja materijal za vetar, grmljavinu, i sl.



Sl. 4.2. Aristitelov koncept svemira podlunarne sfere.

Aristotelova atmosfera sadrži dva pokretača, vazduh i vatru. Unutar sfere vazduha on vrši dalju podelu. Tako, po njegovoj teoriji, oblaci se ne stvaraju ni iznad vrhova planina niti uz samo tlo. Jer, iznad vrhova planina se nalazi vatra a uz samo tlo, reflektovana toplota od zemlje sprečava formiranje oblaka. Oblast formiranja oblaka je prikazana na sl. 4.3.



Sl. 4.3. Aristotelova teorija formiranja oblaka.

U Aristotelovoj Meteorologiji ima mnogo činjenica skupljenih od prethodnika, filozofa prirode, istoričara, pesnika i mnogo značajnih iskustava. Mnoga prognostička pravila vremena su preuzeta od Egipćana i Vavilonaca, posebno ona o klasifikaciji vetra. Sadržaj Meteorologije je činilo sve što se znalo o meteorološkim fenomenima do tog vremena. Pri tome bi trebalo naglasiti da je i sam Aristotel razvio veliki broj meteoroloških teorija. Ovde će se navesti kako je on objašnjavao procese vezane za razvoj grada.

„Posmatrajući procese koji dovode do formiranja grada, moraju se uzimati u obzir činjenice koje su lako objašnjive, ali i one koje izgledaju neobjašnjive. Grad je led, a voda se smrzava zimi. Grad je češći u proleće nego leti, i u jesen nego zimi, zimi se javlja samo kada nije hladno. Opšte gledano, grad se javlja u umerenijim oblastima a sneg u hladnijim.

Takođe je čudno da se voda mrzne na većim visinama, pri tome, ne može se zamrznuti dok se ne stvori voda, a voda ne može ostati suspendovana u vazduhu duže vreme. Ali mi napominjemo da kapljice vode plove gore iznad nas u mirnom vazduhu zato što su male, slično kao što sitni delići zemlje ili zlata mogu plivati na vodi. Tako, voda će plivati u vazduhu sve dok se veliki broj sitnih kapljica ne sjedini da napravi veliku kap koja pada. Ovo se ne može dešavati u slučaju grada, jer smrznute kapi se ne mogu sjedinjavati kao kada su tečne. Jasno je da suspendovane kapi moraju biti potrebne veličine, jer njihovim smrzavanjem ne bi mogao nastati tako krupan grad.

Neki misle da je uzrok njegovog nastanka sledeći: Kada je oblak prinuđen da se podiže u više oblasti, gore je temperatura niža zbog toga što reflektovani sunčevi zraci od tla ne dostižu veliku visinu, voda se mrzne. Zato se zrna grada javljaju češće leti i u toplijim oblastima, jer toplota prisiljava oblak da se penje dalje od tla. Ali, u mestima velike visine grad se retko javlja, a po njihovoj teoriji ovo ne bi bilo ovako. Mi znamo da sneg pada u mestima sa velikom visinom.

Često se vidi da se oblici uz veliku buku spuštaju blizu tla, izazivajući strah, od onog što se vidi i čuje, da je to predznak neke veće katastrofe. Ali ponekad i kada se jave takvi oblici bez buke, pada grad u velikoj količini, sa krupnim zrnima nepravilnog oblika. Razlog je taj što su se zrna formirala blizu tla, i ne padaju sa velike visine. Glatka zrna padaju sa velike visine i pri padanju se uglačavaju.

Sada znamo da između toplog i hladnog postoji interakcija (zbog čega je dublje u zemlji hladno pri toplom vremenu i toplo pri mraznom vremenu). Ovakve reakcije mora da postoje i na visini. Tako, u toplijoj sezoni, hladno je skoncentrisano unutar toplog okruženja. Ovo često uslovljava brzo formiranje vode od oblaka. Zbog toga imamo krupnije kapi u toplim danima nego zimi, i jače padavine. Padavine su jače kada su intenzivnije, a intenzivnije su kada je brza kondenzacija... Grad je ređi leti nego u proleće i jesen zato što je vazduh leti suvlji, a u proleće vlažniji, dok u jesen on postaje vlažniji. Zbog toga se grad ponekad javlja u kasno leto.

Ako se voda prethodno zagreje, to će doprinositi njenom bržem zaleđivanju, i bržem hlađenju. Jer, poznato je da mnogi ljudi kada hoće da brzo ohlade vodu, oni je prvo drže na suncu. Slično je kod stanovnika Pontusa, kada se ulogore na ledu da bi pecali ribu. Oni pecaju ribu kroz otvore koje naprave u ledu. Da bi svoje štapove dobro i brzo učvrstili u ledu pored tih rupa, oni sipaju vrelu vodu na led oko štapa. Tada voda oko štapa brzo zaleđava. Tako fiksiraju u ledu štapove. Iz istog razloga i voda se kondenzacijom brže stvara u vazduhu u toplijim oblastima i toplijoj sezoni.

Iz ovog razloga, u Arabiji i Etiopiji kiše padaju leti a ne zimi, i padaju učestano više puta u toku dana. Oblaci se brže hlade zbog reakcije sa velikom toplinom sa kopna".

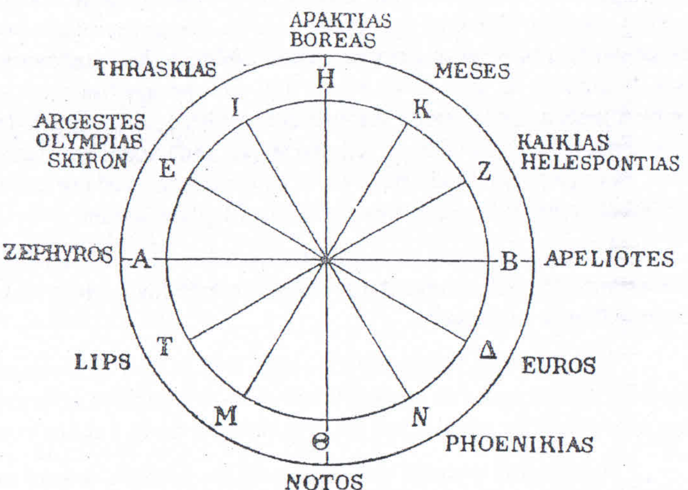
Iz ovoga dela Aristotelovog teksta koji je uzet iz dvanaestog poglavlja prve knjige, može se zaključiti kakve su Aristotelove rasprave. On prvo daje uvod u teoriju, prikazujući šta drugi o tome misli, a zatim to opovrgava.

Anaksagora i drugi pre Aristotela su koristili induktivnu metodu objašnjavajući fenomene vremena. Njihova teorija je bila zasnovana na osmatranjima. Aristotel koristi deduktivni pristup. On, umesto da koristi podatke da bi razvio teoriju, prvo razvija teoriju, a zatim podatke koristi tako da bi njima potvrdio svoj formirani stav.

Aristotel je odbacio mišljenje Anaksimandera i drugih o vetru kao vazduhu koji struji. Njegova teorija polazi od toga da Sunce stvara dva isparenja sa zemlje. Po njemu, vetar je toplo i suvo isparenje. On objašnjava uzrok nastanka vetra analogno nastanku reke. Voda reke se postepeno skuplja u višim planinskim predelima i spušta u niže predele. Tako i vetar nastaje zbog postepenog nagomilavanja suvog i toplog isparenja sa zemlje. Aristotel objašnjava da vetar struji horizontalno i ako se isparenje podiže vertikalno, „jer ceo vazduh koji okružuje Zemlju prati kretanje nebesa".

Aristotel smatra da postoje dve vrste vetra: severni i južni. Severni vetrovi nastaju u hladnim oblastima, u oblasti koja se nalazi ispod sazvežđa Velikog Medveda. To je gornja granica na severu gde žive ljudi, i gde je hladno. Oni sa juga dolaze, ne sa Južnog pola, nego iz tropa, gde je južna granica gde žive ljudi, jer je iza toga suviše toplo za život. Pošto potiču iz toplih oblasti, južni vetrovi su vrući.

U Aristotelovo vreme Grci su imali slabo razvijene oznake za određivanje strana sveta. Zbog toga je Aristotel pravac vetra određivao prema astronomskim smerovima, kao što su: položaj izlaska Sunca pri ravnodnevnici, zimski zalazak Sunca, položaj Sunca u podne, itd. On je celu oblast od 360 stepeni prema ovome podelio u 12 jednakih oblasti, sl. 4.4. Ova podela podseća na Vavilonsku.



Sl. 4.4. Grčka ruža vetra.

Ono što je karakteristično za to doba, jeste da se smatralo da smer odakle duva vetar automatski određuje i druge karakteristike vremena. Znači, određene vetrove uvek prati isti tip vremena. U vezi ovoga, Aristotel piše: „Apaktias, Trakias i Argestes (što je približno ekvivalentno vetrovima koji duvaju iz strana sveta: sever, sever – severozapad i zapad – severozapad) raspršuju guste oblake, donose vedro vreme, ili u svakom slučaju oblaci nisu suviše kompaktni. Efekti ovih vetrova su različiti ako su hladni i ne tako jaki. Tada oni izazivaju kondenzaciju pare umesto raspršivanja oblaka. Argestes i Euros (istočni – jugoistočni vetar) su suvi vetrovi kada počinju da duvaju a pri kraju bivaju vlažni. Mesec (severni – severoistočni vetar) a posebno Apaktias donosi sneg, jer su oni vrlo hladni. Apaktias takođe donosi grad, kao i Trakias i Argestas. Notos (južni vetar), Zefiros (zapadni vetar) i Euros su vrući. Kaikas (istočni – severoistočni vetar) prekriva nebo debelim oblacima, dok oblaci koje donose Lipe (zapadni – jugozapadni vetar) nisu tako debeli...“

Aristotel pokušava da objasni ove osobine vetrova. Objašnjenja su ovakva: „... Ima više vetrova koji dolaze iz severnih zemalja nego onih iz južnih. Daleko više kiše i snega donose ovi sa juga, jer oni leže ispod Sunca i smešteni su na njegovom putu“.

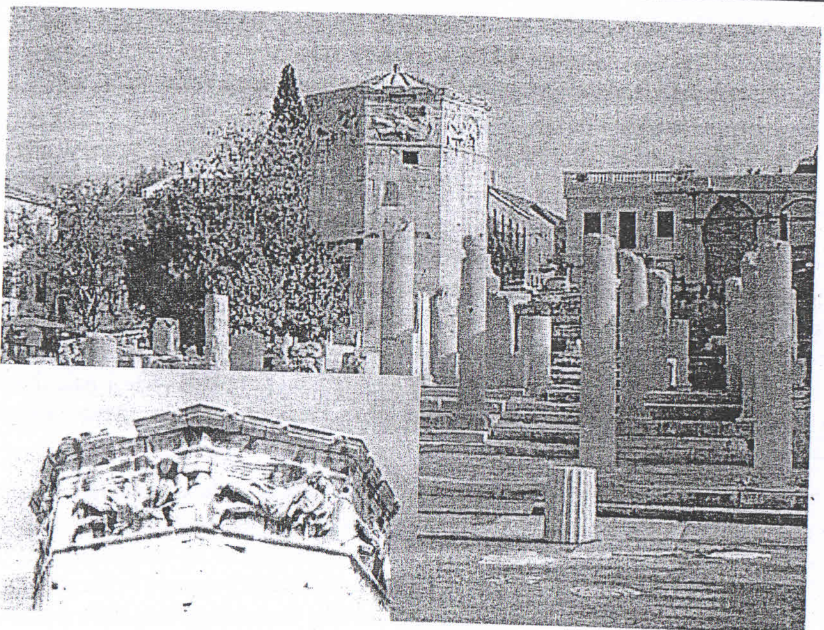
Ovde bi trebalo napomenuti da su ova Aristotelova tvrđenja u suprotnosti sa autorom dela „Pesma nad pesmama“ iz Biblije, koji tvrdi da: „u Palestini severni vetar donosi loše vreme. Ovo neslaganje se može lako objasniti. U aridnoj (suvoj) oblasti, kojoj pripada Palestina, prodor toplog fronta može biti bez pratećih oblaka, dok prodor hladnog fronta prate oblaci, kiša i grmljavina. Duž severnih obala Mediterana, pak, tropski vazduh koji donosi vlagu sa juga ponekad zimi prate snežne padavine i jake proletnje kiše.

Ovo snažno osećanje da vetar „upravlja“ kompletnim tipom vremena izraženo je i umetnički u građevini koja se zove „Kula vetrova“. Kulu je sazidao u Atini Andronik Kirestes u drugom veku pre nove ere, sl. 4.5.

Kula je u obliku osmougaone prizme. Pri vrhu svake strane nalaze se mitske figure koje karakterišu određeni tip vremena. Na vrhu kule je montiran metalni pokazivač koji pokazuje odakle duva vetar, vetrokaz. Vetrokaz predstavlja bronzanu statuu boga Tritona koja se okreće prema vetru, tako da štap koji drži u ruci pokazuje smer vetra. Grmljenje i munje su bili predmet spekulacije svih mislilaca, pa i Aristotela.

On je tvrdio da se suvo isparenje u atmosferi koje je zarobljeno u oblaku, prisilno izbacuje kada se u oblaku vrši kondenzacija, i kada se oblak sudari sa drugim oblakom. Tada nastaje grmljavina. Zbog toga što oblak nije uniforman javljaju se različiti zvuci. Izbačeni „vetar“ sagoreva u vidu „fine i blage vatre, koju nazivamo munja“. Suprotno većini prethodnika, Aristotel pogrešno tvrdi da se munja pojavljuje posle grmljenja. Aristotel je pogrešno tumačio i snažne vetrove u harikenima, kombinacijom njegovih suvih i vlažnih isparenja (knjiga III, poglavlje 1).

Aristotelove rasprave pokazuju kako su se pravile velike greške u zaključivanju, zbog nedostatka eksperimentalnih metoda. Meteorologiju je napisao filozof prirode, a ne naučnik prirodne nauke, meteorologije. Bez obzira na zablude iznete u njoj, Meteorologija je od velike istorijske vrednosti. To je najraniji pokušaj da se znanja o meteorologiji prikažu na tako obiman način.



Sl. 4.5. Kula vetrova u Atini s izdvojenim detaljem.

4.1.5. Teofrastavi predznaci vremena

Pre nego što se pređe na opisivanje sledećeg perioda, da se još malo zadrži pažnja na jednom značajnom grčkom naučniku koji je nadživeo Aristotela za četrdesetak godina, a po interesovanju za prognozu vremena prevazilazi sve prethodnike.

Pomenuli smo ranije **Teofrasta** (373 – 287. g.p.n.e.) i njegove „Predznake vremena". Njegovi predznaci vremena nisu rezultat sabiranja izreka i iskustava iz prošlosti. On daje prognoze na osnovu nekih opštih principa, koji se zasnivaju na sledećem:

Prvo pravilo je da se period za koji se prognozira, npr. godina, deli na polovinu. Godina se deli na pola principom izlaska Plejada (Pleiad). Prvi deo godine se odnosi od njegovog zalaska pa do izlaska. Taj period se deli, dalje, na dva dela, tačkama solsticija i ravnodnevnice. Prema ovome kakvi uslovi vladaju u atmosferi kada Plejad zalazi, takvi uslovi će vladati do zimskog solsticija. Ako se neke promene i dese, desiće se posle solsticija. Ako

se promene ne dese u solsticiju, vreme će biti isto do prolećne ravnodnevnice. Isti princip se zadržava i na drugi deo godine, od prolećne ravnodnevnice do izlaska Plejade. Dakle, kakvi su meteorološki uslovi na dan prolećne ravnodnevnice, takvi će biti do letnjeg solsticija, a od tada do zalaska Plejade.

Slično se svaki mesec deli polazeći od punog i mladog meseca. Gleda se četvrti i osmi dan posle punog meseca. Pravilo važi kao za godišnju prognozu. Kakvo je vreme kada je pun mesec, ono će se takvo zadržati do četvrtog dana. Tada se obično dešavaju promene. Ako tada nema promene onda će isto vreme biti do osmog dana.

Po istom principu se deli dan. Prelomne tačke su: izlazak Sunca, sredina između trenutka izlaska Sunca i podneva, podne, sredina poslepodneva i zalazak Sunca. Slično se deli noćni period. Prema vremenu u ovim trenucima, prognozira se da li će biti lepo vreme ili olujno. Ako ima promena u tipu vremena, onda se one javljaju u jednom od navedenih prelomnih tačaka.

Primenjujući ovaj princip, i princip opšteg balansa vremena u toku godine, Teofrast daje sledeću opštu prognozu: „Ako veliki deo kiše padne zimi, proleće će obično biti suvo. Ako je zima suva, proleće će biti hladno".

Ponašanje životinja i ptica je vekovima služilo kao pokazatelj budućeg vremena. To je i danas u narodu široko rasprostranjeno sredstvo prognoze. Neka od takvih pravila su: „Ako goveče liže prednji papak (kopito) biće oluja ili kiša". Ili, „Ako se pas kotrlja po zemlji biće snažna oluja". Rano parenje ovaca u jesen znači da će zima rano početi".

Osmatranje stanja neba i Meseca Teofrast koristi za prognozu. Tako, ako se na nebu vidi mnogo zvezda padavica, biće kiše ili vetra; „Ako Mesec ima boju vatre, toga meseca će biti prohladno sa laganim vetrom"; „Ako je Mesec taman biće vlažno vreme".

Teofrast se trudio i da objasni mnoge meteorološke fenomene, ali se uvek pozivao na Aristotelove stavove. Ipak, među njima je postojala velika razlika. Aristotel je bio opširni teoretičar, dok je Teofrast, sa kratkim raspravama, bio veliki praktičar. Zahvaljujući njemu, sačuvani su najstariji predznaci vremena.

Desetak godina posle smrti Teofrasta rodio se **Eratosten** (oko 274 – 194. g.p.n.e.). On je, pored ostalih doprinosa, konačno rešio uzrok plavljenja Nila. Rekao je da bi trebalo otići u oblast gde izvire Nil. Ustanovljeno je da su kiše u toj oblasti uzrok povećanja vode u koritu Nila.

4.2. Mračno doba

4.2.1. Uvod

Period posle Aristotela je značajno obeležio njegov učenik Aleksandar Makedonski. On je preduzetim vojnim osvajanjima otkrio nove oblasti, i suočio se sa drugačijom klimom. Njegovi generali su prvi put opisivali monsune sa kojima su se suočili u Indiji. Nauka se preselila iz Grčke u Aleksandriju. Nastupilo je posle toga Rimsko doba. Rimljani nisu mnogo marili za nauku. Ona je za njih bila značajna samo ako je bila praktično primenljiva.

Jedan od značajnih prirodnjaka toga vremena bio je **Posejdon** (135 – 50. g.p.n.e.). On se bavio i meteorološkim spekulacijama koje su bile bliske teoriji Aristotela. I on je tvrdio da je grmljavina ustvari gorenje suvog isparenja koje je zarobljeno u oblaku, dok je većina antičkih mislilaca tvrdila da se oblaci javljaju do visine i od oko 150 km. Posejdon je rekao da se vetar i oblaci javljaju do visine od oko 10 km. Iznad toga vazduh je čist, tečan i potpuno providan.

Drugi značajni naučnik iz toga perioda je **Klaudije Ptolomej** (oko 85 – 165. g.n.e). On se bavio i prognozom vremena. U delu „Tetrabiblos" navodi nekoliko astroloških prognoza vremena.

„Mora se pratiti stanje Meseca tri dana pre i posle mladog Meseca, punog Meseca i njegove četvrti. Kada je tanak, bistar i ne nalazi se ništa oko njega, to znači da će vreme biti lepo. Ako je tanak i crven, i ceo disk obuhvaćen nekim tamnim poremećenjem, biće vetra koji će biti usmeren u smeru tih poremećaja. Kada je Mesec taman, ili bled, i pun, biće oluje sa kišom".

Trebalo bi pomenuti i Hira iz Aleksandrije koji je oko 100. godine p.n.e. proučavao elastičnost vazduha. Izmislio je i male vazdušne pumpe. Posmatrao je termičko širenje vazduha i vodene pare.

4.2.2. Od Seneke i Plinija do Dekarta

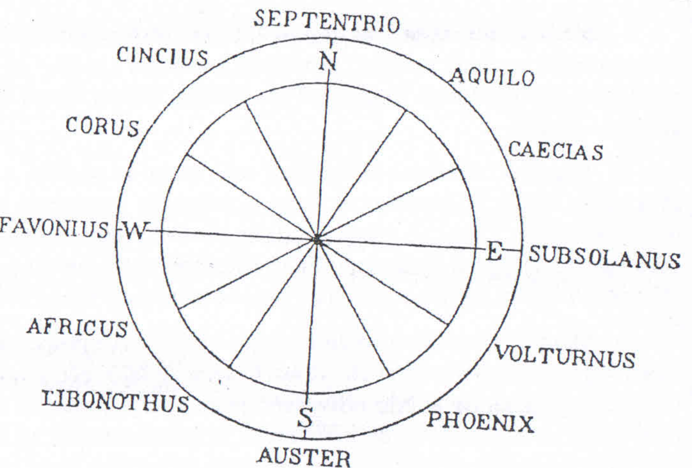
Rimski period su značajno obeležila dva imena, **Seneka** (3. godina p.n.e. – 65. g.n.e.) i **Plinije** starijeg (23 – 79. g.n.e.). Oni nisu bili naučnici, već su se bavili prepisivanjem i komentarisanjem teorija grčkih naučnika. Zahvaljujući njima, mnoge od tih teorija su preživele.

Seneka je pred kraj života (63 – 54. godine) napisao delo „Quaestiones Naturales" – Pitanja o prirodi. Uglavnom se bavi astronomijom i meteorologijom. U raspravi kombinuje nalaze rimskih naučnnika sa grčkim, vavilonskim i egipatskim. On obuhvata sve meteorološke fenomene, od vetra, grmljenja i munje. Uvek navodi ranije teorije o ovome i iznosi svoj zaključak, koji je neka vrsta kompromisa između ranijih stavova. Tako, vetar smatra da nije samo strujanje vazduha (prema Anaksimenu) već i isparenje sa zemlje (prema Aristotelu).

Seneka je bio pažljiv osmatrač vremena, iz čega se vidi da je raspolagao određenim stepenom naučnog duha i imaginacije. On je u prvom redu bio moralista, a zatim naučnik. Verovao je u sudbinu, a pošto se atmosfera nalazi između zemlje i nebesa, atmosferski fenomeni, kao grmljavina, su vezani za sudbinu. Ovde se suočavamo sa činjenicama koje i nas, današnje ljude, svrstavaju u red onih koji toliko izdvajaju antičke grčke mislioce u odnosu na Seneku i njegove savremenike.

Najznačajniji Plinijev rad je „Istorija prirode", sastavljena od nekih 2000 radova, od kojih 146 rimskih i 326 grčkih autora (većina tih dela je do sada izgubljena). Druga knjiga, ili glava, odnosi se na meteorologiju. Plini navodi da se meteorologijom bavilo od najranijih vremena više od 20 grčkih naučnika. Oni su publikovali meteorološka osmatranja različitih meteoroloških fenomena. Diskutovao je različite teorije ranijih autora, ali nije dao nikakav lični doprinos.

Plini posebno detaljno diskutuje o vetru, kako navodi, „imajući u vidu stotine mornara – navigatora, koji od njega zavise". Interesantni su njegovi stavovi: „Prvo proleće otvara more mornarima: Favonije (zapadni vetar) ublažava jaku zimu šest dana pre kraja februara..." Plini tvrdi da Favonije duva 22. februara i od 28. februara do 8. marta, Solana (istočni vetar, sl. 4.6.) duva 10. maja, kada izlazi Plejada, Akilo (severoistočni vetar) duva od 10. jula, itd. Očigledno je da se Plini, diskutujući o vetru, služi Aristotelovim opisima. Ali, ipak, ističe sasvim jasno da ove osobine vetrova zavise od geografske širine. Tako navodi: „Imaju dva vetra koji se po prirodi menjaju kada uđu u drugu zemlju. U Africi, Auster (južni vetar) donosi toplo vreme a Akilo donosi oblake", (što je suprotno onome što se dešava u Italiji). I Plini je sa „Istorijom prirode" sačuvao od zaborava ranije radove o vremenu.



Sl. 4.6. Rimska ruža vetra.

Padom Rimske imperije počinje drugi period bez ikakvog značajnijeg razvoja u meteorologiji. Ali, ipak, u tom periodu između 400 – 1100. godine, nije potpuno zamro interes za meteorologiju. Ponegde se probijao usamljeno duh Grčkog i Rimskog učenja. To se uglavnom dešavalo unutar crkve. Jedan od najvećih srednjovekovnih crkvenih naučnika bio je **Bred** (oko 673 – 735). To je bio prvi Englez koji je pisao o vremenu. Nazivaju ga osnivačem meteorologije u Engleskoj.

U svom delu „De Natura Rerum", napisanom oko 703. godine, Bred je posvetio jedno poglavlje atmosferi, vetru, grmljavini, munjama, oblacima i snegu. U ovom poglavlju o meteorologiji on je sumirao znanja koja su mu bila dostupna uglavnom iz klasičnih izvora. Tu se govori o već poznatim teorijama o vetru, kao i o vetru kao poremećenom kretanju. Opisuje i grmljavinu stvorenu sudarima oblaka koji su gonjeni vetrom. Bred ne navodi Aristotelovu teoriju, pošto ona još nije bila poznata u Zapadnoj Evropi sve do dvanaestog veka. Bredove rasprave o meteorologiji nisu bile lišene praznoverja. Tako, on tvrdi da grmljavina sa zapadnim vetrom donosi „vrlo veliki pomor – kugu". Ipak, gledajući u celini, on je nastojao da prikaže meteorologiju manje u filozofskom, a više u naučnom smislu. Tu se naziru neki znaci napretka.

Bred nije bio jedini srednjovekovni naučnik koji se interesovao za meteorologiju. Početkom sedmog veka javio se **Isidor** (oko 570 – 636), biskup iz Sevilje. U svom radu „Etymologiae, De Ordine Creaturarum", po-

svećuje znatan deo meteorološkim pitanjima. Slično Bredu, i Isidor je u mišljenju bio sporan tadašnjem preovlađujućem teološkom pogledu na nauku. Ipak je izražavao neke snažne misli kada je diskutovao o fenomenima vremena, kao o mrazu, kiši, gradu i snegu. Njegova teorija o ovome je bila razumna. On time daje mogućnost da se zdravim razumom može omogućiti razvoj meteorologije.

Posle ovoga perioda, nastaje veliki preokret. Arapi – muslimani preuzimaju ulogu čuvara antičke nauke. Oni prevode na arapski jezik mnoge indijske i grčke radove, uključujući i Aristotelovu meteorologiju. Kasnije je sve to prevedeno sa arapskog na latinski jezik.

Najveći muslimanski naučnik iz prirodnih nauka bio je **Ibn Al Haitam** (Alhazen) (oko 956 – 1039). Najpoznatiji mu je delo iz optike. Značajno je doprineo i napretku meteorologije proučavajući prelamanje sunčevih zraka u atmosferi. U vezi sa tim on je prvi ispravno definisao suton, kao stanje pri kome se Sunce nalazi 19° ispod horizonta. Na osnovu ovoga je pokušao da izračuna visinu atmosfere. Vrlo komplikovanim geometrijskim postupkom, čije elemente je preuzeo od Euklida, našao je da je maksimalna visina atmosfere 52 000 pasuma (tadašnjih jedinica dužine). To je oko 400 km.

U jedanaestom i dvanaestom veku, muslimani su imali značajne centre u Palermu i Toledu. Tu se počelo sa prevođenjem dela sa arapskog na latinski. Jedan od prvih prevodilaca bio je engleski kaluđer **Adelard** (oko 1120. godine). Zna se da je studirao u Španiji i da je puno putovao po celom Levantu. Mnogo su ga interesovale spekulacije o vremenu. One koje su se pojavile u njegovim „Quaestiones Naturales" su na neki način nove, jer nije potpuno sledio ranije grčke teorije. Na primer, kada diskutuje o vetru, on kaže: „Vetar je vazduh u stanju kretanja, i dovoljno je gust da ima pogonsku silu; Zbog toga ja mislim da je vetar jedna vrsta vazduha". Takođe objašnjava zašto vetar putuje oko Zemlje, i kako postiže tako ogromnu snagu.

I njegova teorija o grmljavini i munji je originalna. On smatra da grmljavina nastaje lomljenjem leda prilikom sudara u oblaku. Leti je uslovljena i topljenjem leda koji se sudara u oblaku. Što se tiče munje, Adelard je smatrao da se pri svakom snažnom sudaru tela najlakši delovi prvi odvajaju iz njih. Etar u obliku vatre je najlakša supstanca u vazduhu i on se oslobađa i isteruje iz oblaka prilikom sudara leda. Tako nastaje munja.

U trinaestom veku, zahvaljujući prevodima, Aristotel je ponovo bio na prvom mestu u meteorologiji. Njegova sistematski razvijena teorija bila je superiorna nad ostalim. U sledećih četiri stotine godina njegova teorija je uživala gotovo nepodeljenu podršku. U tom periodu, rad na meteorološkim

problemima svodio se praktično samo na komentarisanje njegovog dela. Procenjuje se da se do 1650. pojavilo 156 komentara Aristotelove meteorologije. U trinaestom veku najpoznatiji „komentatori" su bili teolog dominikanac **Toma Akvinski** (1225 – 1274), **de Bove** (oko 1190 – 1264) iz Francuske i **Albert Magnus** (1206 – 1280) iz Nemačke.

Istraživanja u srednjem veku uglavnom su se odvijala u bibliotekama. To je bilo posebno izraženo u meteorologiji. Kada bi trebalo o bilo kom problemu raspravljati, između izbora da se izađe u prirodu i posmatra pojava, i odlaska u biblioteku, naučnici bi se opredeljivali da idu među knjige. Dakle, njihova sopstvena eksperimentalna evidencija bila je potisnuta zapisanim stavovima autoriteta u knjigama. Pre nego što će meteorologija krenuti putem novog razvoja, morala se razbiti ta snishodljivost prema autoritetima. To je bio spor proces, čiji je začetnik bio najpoznatiji engleski naučnik trinaestog veka **Rodžer Bekn** (1214 – 1294).

Bekn je veliki franjevački naučnik, koji se često naziva ocem moderne nauke u Evropi. Energično je zastupao eksperimentalni i matematički pristup u svim naučnim radovima, uključujući i meteorologiju. U njegovom delu „Opus Majus", Bekn sledi Aristotelovu teoriju o sastavu atmosfere od vode, vazduha i vatre, koncentrično raspoređenih oko zemlje. On je analizirao i Ptolomejeve stavove o klimi. Upotpunio je njegovu definiciju da se hladno nalazi na severu time što je rekao da se hladno može naći i na većim visinama u planinama. On tako uočava uticaj orografije na klimu. U delu „In Meteora", Bekn iznosi veliki broj komentara na Aristotelovu Meteorologiju. On tu ističe da su u nauci značajniji eksperimenti i osmatranja nego verovanje u stavove autoriteta. To je nesumnjivo bio prvi značajan korak koji je oslobodio meteorologiju iz ljušture Aristotelove teorije. Ta ljuštura je konačno razbijena tek u sedamnaestom veku.

4.2.3. Prognostičari – proroci vremena

Posle Bekna 400 godina je bio potpuni zastoj u razvoju meteorologije. Sredinom šesnaestog veka meteorologija je počela da se razvija u dva suprotna smera. Jedni su se bavili Aristotelovom Teorijom a drugi su razvijali pseudo – nauku. Prognozirali su ili, bolje je reći, proricali su vreme. Naročito je bila popularna prognoza zasnovana na „znacima" nebeskih tela. To je bila astrometeorologija. Dakle, javila se snažna veza između astrologije i meteorologije. Astrometeorologija je imala snažnu podršku crkve i vladara.

Među astrolozima koji su pravili prognoze vremena bilo je i istaknutih kulturnih i naučnih radnika, kao što su Jon Miler (1436 – 1476), Leonard Digz (oko 1550) i Johan Kepler (1571 – 1630). Oni su davali legitimitet toj pseudo – nauci.

Ti proroci vremena iz srednjeg veka mogu se podeliti u četiri grupe. Prvi su se bavili prognozom na osnovu nebeskih fenomena, uključujući i mesečeve mene. Drugi su prognozirali na osnovu vremena koje je vladalo u određenim značajnim datumima. Treći su prognozirali na osnovu ponašanja životinja, i četvrti su prognozirali na osnovu trenutnog stanja vremena.

Metode prognoze u srednjem veku onih iz prve grupe su slični metodama koje su razvijene u antičko doba. O tome je bilo reči u poglavlju 4.1.3. Ovde će se dodati da je bilo posvećeno puno pažnje prognozi kasnih prolećnih mrazeva. Smatralo se da je to u vezi sa Mesecom. Jer, za vreme vedrih prolećnih noći vidi se Mesec, a temperatura se snižava zbog izračivanja toplote tla. Jedno od vrlo rasprostranjenih shvatanja je bilo da će vreme celog meseca biti onakvo kakvo je trećeg, četvrtog, petog ili šestog dana toga meseca. To je ono pravilo: „Quintus, sextus qualis tota luna talis".

Drugi način prognoziranja je vezan za vreme određenih datuma. Datumi su obično neki crkveni praznici. Ta pravila su zavisila od regiona u kome su nastali. Velike geografske razlike su doprinosile i različitim meteorološkim uslovima u datom datumu. Tako, u Rusiji se kaže: „Pokrov (14. oktobar) greje našu kuću bez drva"; „Aleksej (30. mart) donosi potoke iz planine". Za 7. decembar se kaže „vlažna Katarina", itd. U Francuskoj se npr. kaže: „Na dan svetog Blesa (24. februar) zima često gubi zube", ili „Ako pada sneg na svetog Ambrozija (4. april) biće posle toga još osamnaest dana sa hladnim vremenom".

Prognostičari – proroci su prognozirali i na duži period na osnovu vremena takođe iz dužeg perioda. Tako, u oblasti Arhangelska se kaže: „Ako je manje snega u toku zime, biće malo kiše tokom leta". Takođe se kaže „sedme godine zima u leto, a sedme godine leto zimi". Ovo bi značilo da je svaka sedma godina ekstremna, tj. leta su ekstremno hladna a zime su ekstremno tople. Mnogi ljudi danas i kod nas smatraju vrhunskim znanjem iz meteorologije ponavljanje ove izreke.

Iz prognoze ovoga tipa svakako je najznačajnije pravilo prognoze vremena za celu godinu. Ono je nadživelo sva pravila prognoze, jer ga je bilo lako pratiti i odnosilo se na tako dug period. To pravilo se zasnivalo na tipu vremena tokom dvanaest uzastopnih dana, računajući od Božića. Tako je Leopold iz Austrije (XIII vek) naveo ovo pravilo u svojim „Izvodima". Tu

se navodi „da su stari ljudi tvrdili, kakvo je vreme na Božić i tokom narednih jedanaest dana, takvo vreme će biti u toku dvanaest meseci u godini". To što su bili u upotrebi različiti kalendari (pa Božić pada u različite datume) nije se uzimalo u obzir.

Prognoze trećeg tipa su se zasnivale na ponašanju životinja, ptica i drugih živih bića. One su vrlo stare i sakupljao ih je još Teofrast. Takve prognoze navodi 1340. godine Viljem Merl u svojoj knjizi „De prognosticationis aeris" – o prognozi vremena. Takođe, kasnije (1554. godine) A. Mizo navodi 46 pokazatelja ružnog vremena, od kojih se 42 odnose na ponašanje životinja, ptica i insekata. I danas kod nas postoje takvi proroci koji tvrde da pred kišu laste lete nisko iznad tla. Teško je potvrditi i poreći ovo pravilo bez sistematski sprovedenih istraživanja.

Prognoze četvrtog tipa, zasnovane na samim karakteristikama vremena, značajnije su od ostalih. Ta pravila su stara više vekova i još su interesantna. Neka se i danas dobro uklapaju u šemu kratkoročnih lokalnih prognoza vremena.

Konard od Megenburga objavio je 1340. godine knjigu: „Buch der Natur" – Knjiga o prirodi. U njoj navodi da je duga predznak za kišu koja će uskoro početi, ako se luk duge proširuje i skuplja, „jer para postaje gušća i formira se oblak". Ovo bi odgovaralo vremenu koje prati dolazak toplog fronta.

U antičkim izrekama, videli smo, često je vetar uziman kao predznak vremena. Tako se u nekim oblastima tvrdilo da vetar iz smera letnjeg izlaska Sunca istok – severoistok, donosi zimi mraz a leti lepo vreme.

Dnevno menjanje vetra (lokalno cirkulisanje danju – noću) mnogi narodi su uzimali kao znak lepog vremena. Danas je to razumljivo. Jer, kada se javlja lokalno cirkulisanje vazduha, to znači da nema nekih „prodora" koji bi narušili stabilnu situaciju pri kojoj se javljaju lokalni vetrovi. U tim oblastima se kaže „da vetar koji prati kretanje Sunca donosi lepo vreme". Proroci su i oblake uzimali kao predznake vremena. Tako se govorilo: „Trakasti oblaci (misli se očigledno na cirusne oblake) donose kišu i zimi toplo vreme. Ili, „ako se oblaci u obliku stada ovčica, ili veće gomile, skupljaju, biće kiše". „Grmljavina ujutru najavljuje vetrovito vreme, u podne kišu a uveče veliko nevreme".

Čujnost zvonjave crkvenih zvona takođe je korišćena u prorokovanju vremena. Govorilo se: „Ako je zvuk zvona jasniji biće vedro i zimi hladno vreme, a ako bi zvuk bio prigušen biće kiše ili snega". Prvi deo izreke je tačan, pošto je dobra čujnost vezana za inverziju temperature pri tlu,

koje se javlja u hladnim zimskim danima. Drugi deo tvrdnje je teže objasniti, iako se zna da postoji slabljenje zvuka kroz sredinu sa padavinama.

Veliki broj izreka sabran je u Engleskoj knjizi „The Shephered of Bambury's Rules", koja je odštampana 1740. godine. U njoj ima preciznih pravila kojima se prognoziraju razni detaljni tipovi magle (deveto i deseto pravilo), različiti tipovi kiše (pravilo četrnaesto), puno činjenica koje opisuju prodor hladnog vazduha praćenog grmljavinskim oblacima (pravilo šesto). Svi ovakvi detaljni zapisi o prirodi procesa imaju naučnu vrednost.

4.2.4. Neki zapisi o vremenu

Najvredniji i najinteresantniji materijali iz Srednjeg veka došli su do naših dana u obliku raznih zapisa – hronika. Ove zapise su vršili pojedinci ili zvanične ustanove. Ovi zapisi se razlikuju od drugih po dužini i preciznosti opisa. Sa raznim istorijskim događajima javljaju se opisi oluja, poplava, snežnih provala, itd. Ovi događaji se beleže iz godine u godinu. Iako ovi zapisi nisu stvarni „dnevnici osmatranja vremena", oni su jasni i ponekad umetnički opisuju vremenske fenomene. Lep primer ovih zapisa su „Saksonska hronika" i „Holinšidova hronika".

Ne mogu se svakako sve hronike prikazati. Odabraće se neke koje na najbolji način prikazuju vreme. Moskovske hronike sadrže sledeći zapis iz 1092. godine: „Ove godine bilo je puno znakova na nebesima; pojavio se veliki krug na sredini neba. Te godine je bilo vrlo vedro, tako da je zemlja bila isušena i mnogo je šume izgorelo". U istoj hronici za 1164. godinu je zapisano: „...ove godine je bila velika poplava u Galiciji, i božijom voljom kiša se naglo pojačavala i danju i noću, tako da se velika voda Dnjestrom slila... i više od 300 osoba se udavilo".

U Jermenskoj hronici za 1275. godinu zapisano je: „18. aprila ove godine pojavio se znak na Suncu: videli su se obojeni lukovi oko njega, tamnoplavi, zeleni, žuti, svetlo crveni i purpurni, a u njegovoj sredini krst".

Zapisano je 1230. godine „da je jak mraz uništio sve zimske useve, tako da je posle toga zavladala velika glad u celoj Rusiji, izuzev Kijeva". A za 1371. godinu piše: „Ove godine se spustila gusta magla koja je trajala oko dva meseca, i čovek nije mogao videti dva sagena (stara mera za dužinu, 1 sagen = 2,134 m) ispred sebe. Čak ptice nisu mogle da lete, već su sletele na zemlju i hodale po njoj". U Moskovskoj hronici za 1406. godinu piše: „Na dan svetog Petra (12. jul) Njižnji Novgorod pogodila je oluja i vrtlog vetra

tako da je jedan čovek sa konjem i zaprežnim kolima odnet i nestao. Tek sledećeg dana pronašli su kola na drugoj strani velike Volge kako vise na jednom velikom drvetu... ali čovek nije nikada pronađen".

U Moskovskoj hronici ima veliki broj zapisa o raznim fenomenima vremena. Od 1740. godine ima 350 zapisa. Najviše se opisuju oluje, električna pražnjenja, rani snegovi, rani i kasni mrazevi, halo i suša. Ima opisa koji se odnose na polarnu svetlost. Najčešće su opisivani neobični događaji kao što je npr. sneg koji je pao 26. aprila 1498. godine. Zapisano je „da je sneg pao do sred kolena i zadržao se na tlu sedam dana. Da bi se razumeo značaj ovakvog zapisa, trebalo bi poznavati tipična dešavanja za tu pojavu u toj oblasti. Pominju se velike suše koje su se pojavile 1024, 1060, 1092, 1124, 1161, 1193 – 1194, 1223, 1298, 1325 i 1365. godine, koja je bila najsuvlja i kada je veliki deo Moskve izgoreo u plamenu.

Pored ovih hronika, interesantne su i one iz Kine, koje su detaljne i obuhvataju period od 1500. godina. Ovde će se prikazati sumarni prikaz koliko puta su se javili suša i poplave. Taj prikaz po vekovima je dat u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Broj poplava i suše u Kini u 15 vekova.

Vek	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Poplave	18	15	5	18	10	13	31	24	36	41	56	43	57	24	43	67
Suša	35	24	41	37	41	43	41	43	64	69	58	77	60	54	84	82

Iz tabele se vidi da je od IV do VII veka bio relativno suv period. Iz istorijskih izvora se zna da je između VII i XII veka iz Kine emigriralo mnogo ljudi.

U Kineskoj enciklopediji Či Čenga imaju tri poglavlja koje se odnose na jake mrazeve i periode vrlo jakih hladnoća. Broj tih oštrih zima u Kini i Evropi prikazan je u tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Broj hladnih zima u Kini i Evropi.

Vek	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Kina	19	11	9	19	11	16	94	25	35	10	14
Evropa	–	–	–	11	11	16	25	26	24	20	24

Očigledno da postoji sličan trend u ovim sekularnim promenama temperature između dva odvojena dela sveta.

U sledećem primeru navešće se neki zapisi Džule Jasmina iz Liježa.

On navodi izuzetno toplo proleće i leto 1473. godine, kada su na Uskrs (18. aprila) cvetale ruže u vrtovima, a na dan svetog Džona (24. jun) završila se žetva. Zapisano je da je 1480. godine, mraz počeo 26. decembra i neprekidno trajao do 6. februara sledeće godine. Mraz je bio praćen i obilnim snežnim padavinama. Te godine konji sa kolima kretali su se po ledu, vino je zaledilo u podrumima a voda u bunarima. Nije postojala do tada nijedna izreka koja bi kazala o tako ekstremno hladnoj zimi.

U Engleskoj je Vilijam Merl vodio zabeleške o vremenu od 1337. do 1343. godine. On je te podatke objavio u jednom svom radu. Interesantno je da je osmatrao i vetar. Sredio je podatke u vidu tabele na osnovu čega bi mogla da se nacrta čestina vetrova iz osam smerova za London. Dobio je da je rezultujući vetar bio iz smera od 250°. Duvali su slični vetrovi kao što je u periodu 1901 – 1930. (rezultujući smer je 239°, jugozapadni).

U Evropi je bilo i drugih pojedinaca koji su zapisivali karakteristike vremena. Tako je Kilijan Leib iz Bavarske vodio dnevnik o vremenu od 1513 – 1531. godine.

Iz svih ovih aktivnosti u srednjem veku može se videti da nije bilo skoro nikakvog napretka u meteorologiji, iako su pojedini fenomeni pobuđivali pažnju. Ovaj interes o vremenu bio je kod pojedinaca koji su pravili pojedinačne zabeleške, ili sistematske zapise u kraćim periodima vremena. Bilo je i pokušaja da se daju prognoze vremena zasnovane na nekim pravilima.

4.2.5. Prvi nagoveštaji napretka meteorologije u srednjem veku

Svi naučnici između trinaestog i sedamnaestog veka davali su podršku astrološkim prognozama vremena. Jedan koji je sumnjao u valjanost toga posla jeste poznati matematičar i komentator Aristotelove Meteorologije, **Nikola Orezm** (1323 – 1382). On je jedan od prvih koji je uočio probleme vezane za prognozu vremena i da astrolozi ne mogu da ih reše. On je verovao da je moguća prognoza vremena, ali ona zasnovana na nekim pravilima koja još nisu bila poznata. Uprkos oprečnim mišljenjima sličnih Orezmusovim, uticaj astrologije je trajao sve do početka osamnaestog veka, kada je izgubila status naučne delatnosti.

Kao što smo videli, Aristotelova Meteorologija, održavajući se od antičkih dana do sedamnaestog veka usporila je napredak nauke. Teorijske spekulacije Roberta Rikardea (1510 – 1608) produžile su joj vek. Jedan od

onih koji su pokušali da raskinu sa takvom meteorologijom bio je poznati naučnik iz algebre **Đirolamo Kardano** (1501 – 1576). Kardano u svojoj raspravi „De Subtilitate" (1550) posvećuje značajan deo meteorologiji. Raspravljao je o vetru, oblacima, kiši i munji. I u tom delu se vidi snažan uticaj Aristotelovih učenja. Ali, Kardano kada govori o vazduhu, on ga deli na dva dela: „slobodni vazduh", koji razara nežive stvari i održava žive stvari, i „nezatvoreni" vazduh, koji ima suprotna svojstva. Kardano je vatru kao četvrti element izostavio.

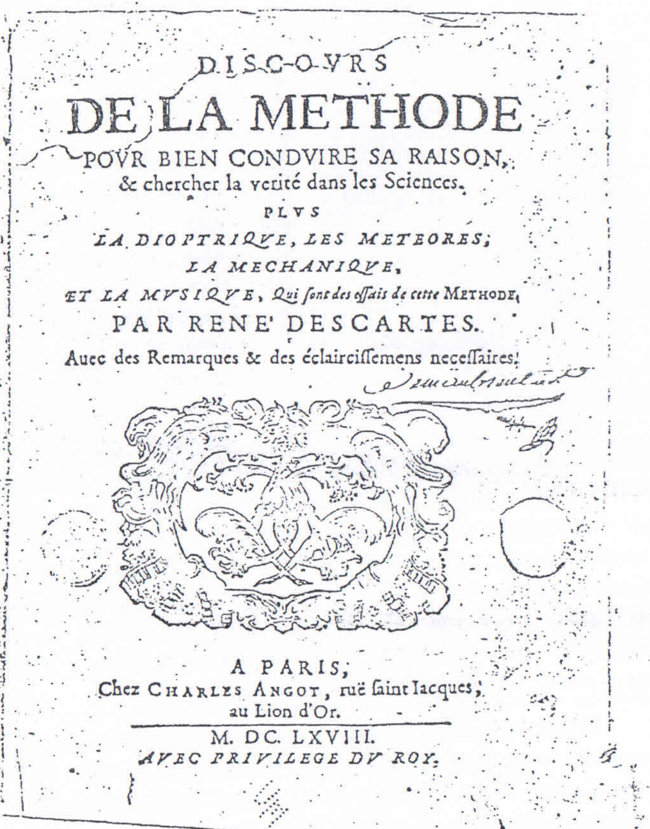


Sl. 4.7. Đirolamo Kardano.

U nizu onih naučnika koji su pokušavali da razbiju vladajuće gledište klasičnih autoriteta, svakako prvo mesto pripada **Rene Dekartu** (1596 – 1650). Može se reći da se sa njim završava era spekulacija i rađa se moderna meteorologija.

Dekart u svojoj knjizi, odštampanoj 1637. godine „Discours de la Methode" (sl. 4.8), iznosi četiri metoda kojima bi se trebalo rukovoditi u istraživanju.

1. Nikad ništa ne prihvatati kao tačno sve dok jednom ne postane potpuno jasno da je to tako.
2. Podeliti svaki težak problem u manje delove, i rešavati ih deo po deo.
3. Uvek rešavati prvo proste a zatim složenije probleme, tražeći vezu između njih.
4. Potrebno je biti što širi i dublji u naučnim istraživanjima, ne dozvoljavajući da vladaju predrasude.



DISCOVRS
DE LA METHODE
POVR BIEN CONDVIRE SA RAISON,
& chercher la verité dans les Sciences.
PLVS
LA DIOPTRIQVE, LES METEORES;
LA MECHANIQVE,
ET LA MVSIQVE, Qui sont des essais de cette METHODE,
PAR RENE' DESCARTES.
Auec des Remarques & des éclaircissemens necessaires.

A PARIS,
Chez CHARLES ANGOT, ruë saint Iacques,
au Lion d'Or.
M. DC. LXVIII.
AVEC PRIVILEGE DV ROY.

Sl. 4.8. Naslovna strana Dekartove knjige „Discours de la Méthode".

U dodatku ove knjige nalazio se deo „Les Meteores". Tu je Dekart primenio ova četiri principa na meteorologiju. Dekart je kao i Aristotel koristio deduktivnu metodu. Pokušao je da objasni prirodu i uzroke svih meteoroloških fenomena preko njenih osnovnih zakona prirode, koji još nisu bili u potpunosti poznati. Dekart prvo analizira prirodu zemaljskih tela, a zatim paru koja izlazi iz zemlje. Posle toga objašnjava nastanak oblaka i vetra, i način na koji se izlučuju kiša, grad i sneg. U njegovom redosledu opisani su zatim grmljavina i munja. Završio je opis sa objašnjenjem uticaja svetlosti na nastanak duge i drugih svetlosnih pojava na nebu.



Rene Dekart
(1596 – 1650)

Rođen je 31. marta 1596. godine u La Haj, Francuska. Njegovo polatinjeno ime je Renatus Cartesius. Posle školovanja na Univerzitetu Poantijer 1618. godine, na početku tridesetogodišnjeg rata, služio je vojsku kod princa Morisa. Kasnije je prekomandovan u vojsku vojvode Bavarskog na Dunavu. Nije učestvovao u ratnim okršajima, već je radio na svojoj Kartezijanskoj geometriji. On je 10. novembra 1619. godine, navodno posle nekog mističnog otkrovenja, došao do radikalnog stava u istraživanju. Zaključio je da ako hoće da se nešto otkrije mora se ceo program nositi u sebi, sumnjajući u sve izuzev u postojanje samog sebe (njegovo poznato geslo „Cogito ergo sum" – Ja mislim, prema tome ja postojim). Dekart je 1649. godine otputovao u Spokosoli, gde mu je ponuđeno mesto dvorskog filozofa kod švedskog kralja Kristijana. U Stokholmu je i umro prve zime po dolasku, 11. februara 1650. godine od pneumonije. Njegovo telo bez glave vraćeno je u Francusku. Lobanja je ostala u Švedskoj sve do 1809. godine.

U njegovoj diskusiji prvo je postavljena hipoteza da su vazduh, voda i druga tela na zemlji sastavljeni od sitnih čestica, između kojih postoji vrlo „fina materija". Pretpostavio je da su čestice vode dugačke, glatke i klizave, „kao male jegulje koje se uvijaju jedna oko druge i da su tako pripojene da se ne mogu lako rastaviti". Čestice čvrstih supstanci su pripojene jedne uz druge, tako da imaju nepravilni oblik. Ako su čestice sitnije, tada ima manje prostora između njih za finu materiju koja je pokretna, i tada se formira vazduh ili ulje. Sva dalja Dekartova objašnjenja meteorologije zasnovane su na ovim hipotezama.

Iako je odbijao Aristotelovo učenje, neke njegove stavove Dekart nije mogao da izbegne. Tako, prema Dekartu vetar je uslovljen sa nekoliko stvari. Prvo, pare stvarane od zemaljskih čestica pod uticajem Sunca se uzdižu. Zatim, oblaci koji padaju istiskuju vazduh koji je bio ispod njih. Ako se oblak odjednom spusti na oblak ispod sebe javlja se grmljavina. Munja se javlja zbog prisustva zapaljivog isparenja između dva oblaka. Dekartova

objašnjenja kiše su sasvim moderna. On je tvrdio da su oblaci sastavljeni od kapljica vode ili malih delića leda. Kapljice su stvorene sudarom i slivanjem malih čestica pare. One su okrugle izuzev ako se oblik ne promeni pod uticajem vetra. „Kada postanu dovoljno velike da ih vazduh više nemože da zadržava, one padaju kao kiša, kao sneg ako vazduh nije dovoljno topao da ga istopi, ili kao grad ako istopljene naiđu na hladniji vetar koji ih zamrzne".

Dekart je u „Les Meteores" pokazao superiornost svoje metode primenjene na meteorologiju, u odnosu na prethodne, prvenstveno Aristotelovu metodu. Kao i kod njegovih prethodnika, u stavovima Dekarta ima nedostataka. Oni su prvenstveno uslovljeni nedostatkom bilo kakvog drugog sredstva saznanja izuzev vizuelnog osmatranja. S obzirom na deduktivnu metodu objašnjenja fenomena vremena, greška u jednom koraku se odražava i na druge.

Može se pouzdano tvrditi da je Dekartov entuzijazam u meteorologiji poslužio kao katalizator koji je meteorologiju povratio u red pravih nauka u sedamnaestom veku.

Glava

5 POČECI KVANTITATIVNE METEOROLOGIJE

5.1. Uvod

Do kraja šesnaestog veka meteorologija je bila zasnovana na razmišljanjima (spekulacijama) prirodnjaka, kakav je Aristotel. Stavovi o meteorološkim fenomenima su bili rezultat razmišljanja i vizuelnih osmatranja. Tada je postalo sasvim jasno da su neka razmišljanja pogrešna, zbog nedostatka dovoljnog broja podataka o atmosferi. Sam Dekart je uočio rastuću potrebu za znanjem o atmosferi. On je predvodnik u nastojanju da se sakupe kvalitetna meteorološka znanja. Da bi se to uradilo, trebalo je imati meteorološke instrumente. Srećom, ovaj nedostatak je brzo nadoknađen.

U sedamnaestom veku su pronađena tri osnovna instrumenta u meteorologiji: termometar, barometar i higrometar. Za pronalazak prva dva instrumenta poznati engleski meteorolog, ser Neper Šou (1854 – 1945) je rekao: „Pronalazak barometra i termometra označio je rađanje ozbiljnog izučavanja fizike atmosfere, kvantitativnih izučavanja bez kojih se nije mogla formirati tačna koncepcija njihove strukture".

Podaci o temperaturi vazduha su odmah na pravi način interpretira-

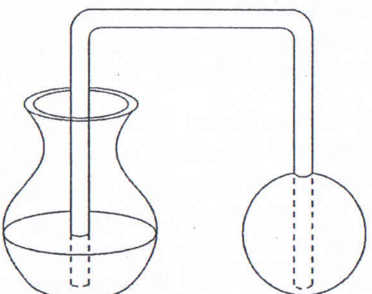
ni, dok podaci o vazdušnom pritisku nisu. Dugo se razmišljalo i grešilo u tome šta u stvari predstavlja barometarski podatak, zbog čega se menja sa vremenom u jednom mestu, sa visinom, itd. O razvoju osnovnih meteoroloških instrumenata govoriće se u ovom delu.

5.2. Termometar

5.2.1. Prvi termometri

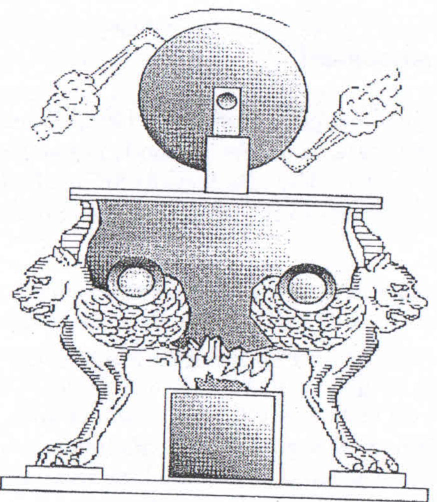
Iako je termometar pronađen pri kraju šesnaestog veka, osnovni princip na kome se zasniva njegov rad bio je poznat znatno ranije. Grk Filo (III vek p.n.e.) je napisao delo „De Ingeniis Spiritualibius" (O mašinama na pritisak). U njemu je opisao eksperiment kojim se dokazuje širenje i skupljanje vazduha.

„Uzmimo olovnu kuglu umerene veličine koja je prazna i zatvorena. Ona bi trebalo da je ni suviše tanka, da se može lako razbiti, ni suviše debela. Da bi eksperiment uspeo, ona mora biti iznutra potpuno suva. Kroz otvor u kuglu ulazi savijena cev skoro do dna. Drugi kraj cevi ulazi u posudu sa vodom, opet do blizu dna, (sl. 5.1). Ja sam utvrdio, kada se kugla ostavi na suncu i zagreje se, da vazduh koji je zatvoren u cevi izlazi iz nje. Ovo može da se vidi pošto vazduh iz cevi struju kroz vodu, pokrećući je, i proizvodeći mehuriće vazduha, jedan za drugim. Ako se kugla postavi u hlad, ili na bilo koje drugo mesto do koga se ne probija sunce, voda u cevi će se podići i proticaće u kuglu. Ako se kugla ponovo vrati na sunce, voda će se vratiti u kuglu... Isti efekat se dobija ako se kugla zagreva vatrom, ili na nju sipa vrela voda...".



Sl. 5.1. Filova aparatura za eksperiment širenja i skupljanja vazduha.

Kasnije je Hiro iz Aleksandrije napravio sličan uređaj, neku vrstu parne mašine koja radi na principu mlaznog pogona. Takvu mašinu je Heron nazvao „aeolipile“, od grčke reči „aeolus“ (bog vetra), i reči „pila“ (lopta). Tu mašinu sačinjava šuplja kugla koja može da rotira oko horozontalne ose (sl. 5.2). Ona je povezana kroz tu šuplju osovinu sa sudom za vodu, koji se nalazi ispod kugle. Kada se voda zagreva, para izlazi kroz dve savijene cevi postavljene na suprotne strane kugle. Izlaženje pare je potiskivalo kuglu da rotira. To je preteča parne mašine.



Sl. 5.2. Heronova mašina „aeolipile“.

I Filo i Hiro su eksperimentalno utvrdili osobinu vazduha da se širi kada se zagreva i skuplja kada se hladi, ali nisu uočili da se to može iskoristiti za merenje toplote (tek je Džozef Blek (1728 – 1799) napravio razliku između toplote i temperature). Ali ta mogućnost nije promakla slavnom italijanskom naučniku, Galileu Galileju.

Dok je boravio u Padovi (1592 – 1610) pronašao je termometar. Tačan datum pronalaska se ne zna, jer o tome nije pisao Galilej. Svoj izum je prikazao na javnom predavanju odmah na početku XVII veka. U pismu koje je poslao njegov đak, otac Kasteli, 20. septembra 1638. godine Cezarini, on piše da je Galilej prikazao njegov termometar na javnom predavanju koje je održao pre 35 godina. To znači da je termometar prikazan 1603. godine. Otac Kasteli je opisao taj Galilejev termometar na sledeći način: „Galileo je

uzeo posudu veličine kokošijeg jajeta (sl. 5.3). Na kraj cevi širine slamke i dužine dva pedlja, navukao je staklenu kuglu. Kuglu je zagrejao rukama i okrenuo cev naniže, zaronivši je u vodu. Čim se kugla počela hladiti, voda se podizala uz cev do visine od jednog pedlja od nivoa vode. Ovaj instrument on je koristio za merenje stepena toplote i hladnoće.[1]

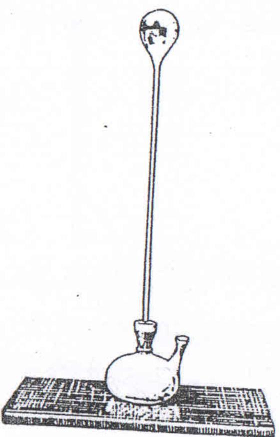
Galileo Galilej (1564 – 1642)



Rođen je 15. februara 1564. godine, u Padovi. Studirao je, a kasnije predavao na Univerzitetu u Pizi. Bio je energičan čovek, crvenkaste kose. Njegova kazivanja su bila snažna i po tome se razlikovao od mnogih univerzitetskih kolega u Pizi. Prelazi u Padovu 1592. godine, gde je proveo 18 godina. Tu se oženio Venecijankom Marijom Gambole, sa kojom je imao dve kćerke i sina. Preselio se 1610. godine u Firencu, na dvor velikog Vojvode od Toskane, Ferdinanda II de Mediči. Tu je 1632. godine objavio rad „Dijalog u vezi dva ključna sistema sveta, Ptolomejev i Kopernikov“. Napisan je u formi dijaloga dva čoveka, od kojih jedan podržava Ptolomeja, a drugi Kopernika. Taj „dijalog“ je napisao po odobrenju novoizabranog pape Urbana VIII, koga je Galilej lično poznavao. Uprkos tome, zloglasna Rimska inkvizicija je Galileja osudila što podržava Kopernikove ideje. Kao uticajnom čoveku od nauke, dozvoljeno mu je da se „pokaje“. Pred najvećim teološkim autoritetima katoličke crkve morao je da klekne na kolena i da izjavi da su njegova učenja bila lažna, i suprotna svetoj Bibliji. Posle toga, ustajući, promrmljao je „Epur si muové“ (Ipak se okreće) i živeo u kućnom pritvoru. Poslednje četiri godine života bio je slep. Veliki vojvoda Ferdinand II hteo je da mu podigne veliki spomenik, ali je upozoren da ne čini ništa što bi moglo izazvati reakciju „Svete Stolice“.

Više stoleća posle toga, Vatikan je priznao grešku. Galilejevi „Dijalozi“ su skinuti sa spiska zabranjenih dela, koje je crkva proglasila 1757. godine. Galileja je na kraju oslobodio greha papa Jovan Pavle II, 1992. godine, 359 godina posle optužbe.

[1] Gde smo mi u pogledu nauke krajem šesnaestog veka, kada je Galilej izmišljao termometar, neka posluži podatak da je u to vreme, 1597. godine, štampan prvi srpski bukvar u Veneciji. Autor je bio ikon Sava, rodom iz Paštrovića, monah manastira Dečani. Pisan je srpsko – slovenskim jezikom. Tek 1827. godine, Vuk Karadžić je objavio u Beču „Prvi srpski bukvar“ pisan na narodnom jeziku.



Sl. 5.3. Galilejev termometar.

Galilej je upotrebljavao termometar da odredi relativnu razliku u temperaturi različitih mesta, i na istom mestu u raznim trenucima vremena. Njegov termometar nije imao skalu, zbog čega je ispravnije da se zove *termoskop*. Drugi Galilejev student, Sagredo, vršio je merenje 1613. godine, sličnim termometrom. Smatra se da je njegov termometar imao nekakvu skalu sa podeocima.

Porta, dobro poznati naučnik koji se interesovao za neuobičajene eksperimente, napisao je 1606. godine knjigu pod naslovom „Pneumaticorum libri tres" (Tri knjige o pneumaticima). U ovoj knjizi se nalazi opis termometra, ali ne piše ko ga je izumeo. Neki su zbog toga pogrešno navodili da je on pronašao termometar.

Postoje, međutim, dokazi koji pokazuju da je, nezavisno od Galileja, termometar pronašao Danac Kornelije Drebl (1572 – 1634). On je bio profesionalni pronalazač (konstruisao je prvu podmornicu). Ne zna se tačno godina, ni okolnosti u kojima se to desilo. On u svojoj knjizi „Elementi prirode", 1619. godine pominje termometar. O njegovom termometru je pisao Italijan Gaspar Ens, 1936. godine.

Ovaj novi instrument nije odmah dobio naziv „termometar". Negde se nazivao „stakleni kalendar". Reč „termometar" prvi je upotrebio jezuitski sveštenik Leremon, 1624. godine u knjizi „Recreation matematique". Bojl je svoj termoskop nazivao sve do 1665. godine „weather glass" (staklo za vreme). Bojlov termometar (termoskop, ili zatvoreno staklo za vreme), prikazan je na sl. 5.4.



Sl. 5.4. Bojlov termometar.

Prvenstvo u otkrivanju termometra odavano je i poznatom venecijanskom lekaru, profesoru medicine **Santoriniju** (1561 – 1636). On je opisao svoj instrument u radu „Commentaria in artem medicinalem Galeni" u Veneciji 1612. godine. Santorini je prvi koristio termometar za merenje porasta temperature čovekovog tela kada ima groznicu.

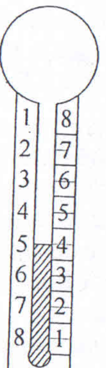
Galilejev novi instrument za merenje temperature brzo se proširio po Evropi. Posle Italije, termometar je 1657. godine prenet u Poljsku, 1658. godine u Francusku, i 1661. godine u Englesku.

Mnogo je bilo onih koji su pokušali da ga poboljšaju. Jedan od njih je francuski teolog, otac **Marin Mersen** (1588 – 1648) sl. 5.5. U to vreme komunikacija između evropskih naučnika vršila se uglavnom ličnim posetama (nije bilo naučnih časopisa). Verovatno najaktivniji u tom smislu bio je otac Mersen. Bio je u stalnom kontaktu sa tako poznatim ljudima kao što su bili Galilej, Dekart, Hajgens i Roberval. Mersen je odigrao veliku ulogu u širenju Galilejevog termometra. On je, inače, poznat po tome što je tvorac originalnog metoda stimulisanja nauke preko postavljanja nagradnih pitanja. Često je ponavljao eksperimente koje su drugi postavili. Tako je, eksperimentišući sa termoskopom, nastojao da poboljša njegovu osetljivost.

Mersen je u radu publikovanom u Parizu 1644. godine opisao instrument sa uskom cevi i velikom kuglom na jednom kraju i malom na drugom kraju. Mala kugla je imala usku rupu (otvor). Veliku kuglu je lagano zagrevao, dok je mala bila potopljena u vodu. Po prestanku zagrevanja velike kugle, voda se počela peti uz cev u vidu kratkog stuba. Cev je bila graduisana (snabdevena skalom), tako da je to služilo kao pokazatelj promene temperature, sl. 5.6.



Sl. 5.5. Marin Mersen (1588 – 1648).



Sl. 5.6. Mersenov vazdušni termometar sa skalom.

Poboljšanjem karakteristika termometra istakao se Ferdinand II, veliki vojvoda od Toskane, pokrovitelj naučnika. On je oko 1641. godine posvetio pažnju poboljšanju termometra. Njegov termometar je sličan Mersenovom, sl. 5.7. Sipao je u njega donekle vodu i zatvorio hermetički, topljenjem staklene cevi. Tako zatvoren instrument je snabdeo skalom u vidu kratkih šiljaka. To je bio prvi termometar koji je pokazivao temperaturu nezavisno od vazdušnog pritiska.

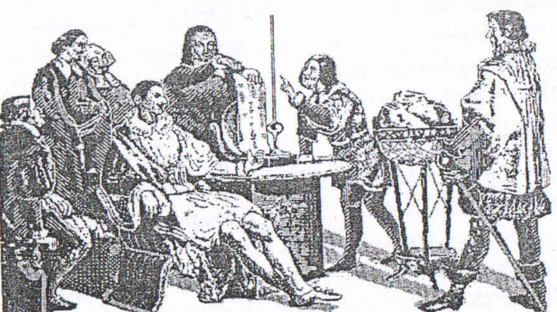


Sl. 5.7. Ferdinandov zatvoreni termometar.

Ferdinand II di Mediči
(1620 – 1670)



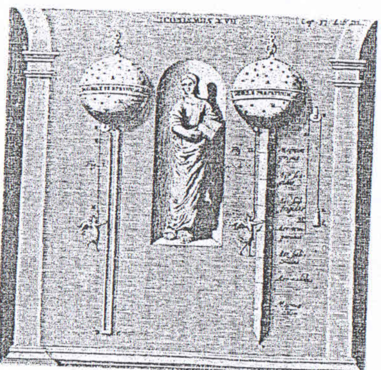
Ferdinand II je sin velikog vojvode Kosima II, vladara Toskane. Njegova familija, Mediči, vladala je Firencom neprekidno od 1420. godine. Ferdinand II nije bio samo veliki sponzor nauke, već i naučnik iz hobija. Podržao je osnivanje „Accademia del Cimento“ 1657. godine (koju je osnovao njegov brat, princ Leopold) i rasformirao 1667. godine, na intervenciju crkve. Društvo je vršilo merenja temperature, pritiska, vlažnosti, smera vetra i stanja neba, i to upisivali u specijalne obrasce, koji su sakupljani iz raznih mesta u Firenci. Na sl. 5.8. je prikazan Ferdinand II kao učesnik eksperimenta kojim je 1657. godine trebalo da se pokaže da li se hladnoća može reflektovati pomoću ogledala. Led u posudi je bio izvor hladnoće. Naravno, nije se mogla reflektovati hladnoća.



Sl. 5.8. Pokušaj reflektovanja hladnoće putem ogledala.

Ferdinandov termometar se koristio za merenje temperature vazduha u okviru poznate „Accademia del Cimento“, čije je osnivanje on podržao 1657. godine. Umesto vode koristili su i alkohol, a pominjali su i da bi trebalo koristiti živu.

Nema sumnje da je u razvoju termometra najinteresantniji onaj koji je, između 1660. i 1662. godine konstruisao Nemac **Oto fon Gerik** (1602 – 1686). Ovaj specifični instrument je bio visok oko 6,5 m. Sastojao se od velike bakarne kugle, obojene plavom bojom sa zlatnim zvezdicama (sl. 5.9). Kugla je spojena sa dugom bakarnom cevi, prečnika 2,5 cm, u obliku latiničnog slova „U“. U cev je sipana određena količina alkohola. Kraći krak cevi je bio otvoren. U taj deo je stavljan plovak koji je plivao na vrhu alkohola. Plovak je bio od tankog mesinganog čepa. Za plovak je vezan konopac, koji je prebačen preko jednog kotura, pričvršćenog ispod kugle. Na drugi kraj konopca je bila privezana figura anđela. Uz cev je bila skala kojom se merio položaj anđela. Na jednoj strani velike kugle je bio ventil, kroz koji se mogao povući vazduh pomoću vazdušne pumpe. Time se mogla podesiti visina alkohola. Ovaj ogromni termometar je bio zakačen uz spoljašnji zid kuće koji je bio u senci. Namera je bila da se njim meri „najtoplije i najhladnije vreme tokom cele godine“.[2]



Sl. 5.9. Gerikov termometar.

Upotreba žive je osporavana zbog toga što ima mali keoficijenat toplotnog širenja. To je tvrdio poznati naučnik, Halej, 1693. godine. U tom periodu Njutn je konstruisao termometar koji je koristio laneno ulje.

[2] Trebalo bi napomenuti da entomolozi (naučnici koji se bave proučavanjem insekata) smatraju da se za merenje temperature mogu koristiti cvrčci (zrikavci). Oni su hladnokrvna bića, i njihova aktivnost zavisi od temperature vazduha. Kao znak visoke temperature se mogu koristiti, ali šta je sa situacijama kad nije tako?

Termometar je znatno tehnički unapredio Farenhajt (1686 – 1736). On je koristio alkohol. Za razliku od ostalih termometara, Farenhajtovi su pokazivali međusobno jednake vrednosti. Oko 1715. godine on počinje da upotrebljava živine termometre, čije pokazivanje se poklapalo sa alkoholnim termometrima.

5.2.2. Termometarske skale

Najveći nedostatak tadašnjih termometara bio je taj što se podaci nisu mogli među sobom porediti. Taj problem je postojao čak i kada su termometri bili snabdeveni svojom skalom. Skale su bile različite.

Jedan od prvih koji je nastojao da prevaziđe ovaj problem bio je engleski naučnik **Robert Bojl** (1627 – 1691). On je uložio veliki trud da konstruiše zatvoreni termometar sa standardizovanom skalom, koja omogućava poređenje podataka među sobom.

Robert Bojl (1627 – 1691)



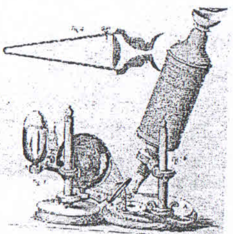
Rođen je 25. januara u Lizmaru, Irska. Bio je najmlađi od četrnaestoro dece u porodici Ričarda Bojla, prvog erla od Korka, i velikog mislioca. Prvo se interesovao za hemiju. Ipak, on je publikovao knjigu o toploti, termometriji i boji. Bojl je jedan od osnivača Kraljevskog društva. Od 1662 – 1663. godine bavio se pitanjima da li eksperimenti dovode do dokaza, tj. da li se eksperimentima utvrđuje stvarna istina. Tvrdio je da je eksperiment jedan od ključnih činilaca istine. Napisao je jednu od prvih istorijskih novela u Engleskoj, „The Martyrdrom of Theodora“, koja opisuje konflikt ljubavi i religijskih obaveza. Nikada se nije ženio. Umro je 30. decembra 1691. godine u Londonu.

Mislio je da tačka topljenja leda zavisi od geografske širine, i da bi zbog toga trebalo koristiti ulje od onajzovog semena da bi dobio jednu fiksnu tačku na skali. Rezervoar alkoholnog termometra je stavio u to ulje, dozvoljavajući ulju da se mrzne. Odredio je visinu alkoholnog stuba u cevi kada je ulje počelo da se zgrušava. Pokušao je da izračuna apsolutno širenje alkohola i da podeli skalu na deset, ili neki drugi broj delova. To se nije pokazalo kao dobro. Trebalo je, umesto jedne, uzeti dve fiksne tačke.



Robert Huk (1635 – 1703).

Rođen je u mestu Frešuoter, Engleska, kao sin ministra. Bio je bolešljivo dete, i njegovi roditelji se nisu nadali da će preživeti. Posle smrti njegovog oca, Roberta je preuzeo u trinaestoj godini Ričard Bazbi, direktor Vestminsterske škole, da ga školuje. Huk je učio latinski, grčki, hebrejski i matematiku. Takođe je učio da svira organo. Prešao je u Oksford 1653. godine, gde je magistrirao. On je bio trajno defektan, krive figure. To je, verovatno, razlog što su retke njegove originalne slike. Dodeljen je Robertu Bojlu kao asistent. Huk je 1658. godine konstruisao vazdušnu pumpu i počeo da radi na hronometru sa oprugom. Iste godine konstruisao je anemometar. Kada je osnovano Kraljevsko društvo, 1662. godine, on je naimenovan kao zvanični izvođač eksperimenata. Morao je da uradi dva do tri eksperimenta za svaki jednonedeljni sastanak Društva.



Sl. 5.10. Deo opreme kojom je Huk eksperimentisao.

To je doprinosilo intelektualnom usponu Društva. Huk je objavio 1665. godine knjigu „Micrographia“, posvećenu mikroskopskim merenjima. Kada je Kristijan Hajgens 1674. godine konstruisao sat na oprugu, Huk je plakao, optužujući Henrija Oldenberga, sekretara Društva, za odavanje tajne. Nazvao ga je „trafikantom među inteligencijom“. Kada je njegova sinovica Grejsi, prvo njegov čuvar a zatim dugogodišnja metresa, umrla, on to nije mogao da preboli. Izgubio je interes za nauku i umro je 3. marta 1703. godine, u sobi Grešamovog koledža u Londonu, gde je proživeo skoro četrdeset godina.

Robert Huk je pokušao da standardizuje skalu. U oktobru 1664. godine, publikovao je „Micrographia“, u kojoj je opisao rad na zatvorenim termometrima. Napisao je: „Posle više pokušaja uspeo sam da napravim cev visoku preko 120 cm, u kojoj se tečnost širi do blizu vrha leti, i do blizu početka zimi, kada je najhladnije“. On je termometar napunio najčistijim alkoholom od vina visokog kvaliteta. Skalu je podelio tako što je nulom obeležio položaj stuba alkohola kada je rezervoar stavljen u destilovanu vodu koja se mrzne, a ostale podele iznad i ispod te, proporcionalne su širenju tečnosti.

Dok je Huk upotrebio jednu fiksnu tačku na skali, Kristijan Hajgens je odabrao još jednu tačku, onu gde se nalazi nivo tečnosti kada je rezervoar stavljen u vodu koja ključa.

Karlo Renaldini je 1694. godine predložio da se dužina između ove dve tačke podeli na 12 delova. Nažalost, ovaj stav nije naišao na značajniju podršku. **Gabrijel Farenhajt** (1686 – 1736), Nemac koji se rodio u Gdanjsku (grad koji pripada Poljskoj do 1793. godine i ponovo posle 1945. godine), najveći deo života je proveo u Holandiji, predložio je tri fiksne tačke na skali. Taj predlog je još ranije dao danski astronom Reomir. Jedna tačka, označena nulom, je određena ponašanjem tečnosti kada je rezervoar u smeši vode, leda i morske soli. Druga tačka na skali je označena sa 32, i definisana je temperaturom smeše vode i leda. Treća tačka je određena temperaturom čovekovog tela, i označena je sa 96. Do 1717. godine, Farenhajt je za termometarsku tečnost koristio alkohol, a posle toga živu. Živa je imala prednost što je pokrivala širi opseg temperatura, i što ne isparava pri običnim temperaturama. Posle Farenhajtove smrti bilo je uobičajeno da se uzima tačka mržnjenja, označena sa 32°F, i tačke ključanja vode, označene sa 212°F.

Profesor Univerziteta u Upsali, Švedska, **Anders Celzijus** (1701 – 1744) predložio je drugačiju skalu. Prvu fiksnu tačku označio je nulom (temperatura topljenja leda) a drugu sa 100 (temperatura ključanja vode). U originalnoj verziji ove dve tačke su označene suprotno od ovog (sa 100 i nulom). Ovaj predlog Celzijus je predstavio švedskoj Akademiji nauka 1742. godine pod naslovom „Razmatranja oko dva fiksna stepena na termometru“. Celzijus je konačno izvršio prelaz na živin termometar kao osnovni instrument. Pokazao je nedostatke postojećih skala i metoda kalibracije, naročito Reomirove skale Celzijus je prvobitno tačku ključanja označio nulom, a tačku mržnjenja sa 100. Taj interval je podelio na 100 jednakih delova. Na ovaj način hteo je da izbaci upotrebu znaka „minus“ za zimske temperature. Savet Akademije je 1745. godine, na predlog poznatog botaničara **Linaeusa** (1707 – 1778) usvojio novi termometar, označivši nulom tačku mržnjenja i sa 100 tačku ključanja. Ovaj termometar je bio dugo vremena poznat pod nazivom „Švedski termometar“.

U Lionu, u Francuskoj, godinu dana posle Celzijusa i nezavisno od njega, **Kristin** je konstruisao „centigradni“ termometar, sa nulom na tački

mržnjenja i 100 na tački ključanja.

Vidi se da je za razvoj tačnog termometra, pogodnog za naučna merenja, trebalo 100 godina, od vremena pronalaska prvog graduisanog fiorentinskog, do Celzijusovog termometra. Meteorolozi XVIII veka, i delimično XIX veka radili su na poređenju rezultata merenja sa različitim skalama. Tako je Lambert 1779. godine, u delu „Pyrometric" opisao 19 različitih skala.

Pre oko 60 godina jedinica Celzijusove skale se naziva centigrad (od latinske reči *centus*, što znači 100 i *gradus*, što znači stepen). Skala se, prema međunarodnom dogovoru, zove Celzijusova. Koristi se u celom svetu, izuzev u SAD, gde se još uvek češće koristi Farenhajtova skala. Veza između njih je:

$$t_C = 100/180\,(t_F - 32) = 5/9\,(t_F - 32),$$

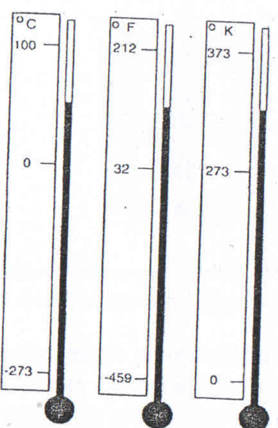
odnosno,

$$t_F = 9/5\,t_C + 32.$$

Englez **Viljem Tomson** (Lord Kelvin, 1824 – 1907) je predložio apsolutnu skalu. Temperatura u njoj se obeležava velikim slovom T, i definisana je sa

$$T = t_C + 273{,}15.$$

Ove tri skale su prikazane na sl. 5.11. Do sada je bilo u upotrebi više od 60 različitih skala. Vidi se da nije bilo lako uniformisati sve izmerene temperature.



Sl. 5.11. Celzijusova, Farenhajtova i Kelvinova skala.

5.2.3. Temperatura i toplota

U običnom govoru reč „toplota" se često zamenjuje rečju „temperatura" (ima isto značenje). U stvarnosti, u nauci, one označavaju potpuno različite pojmove. *Toplota* je faktor koji čini da neka stvar postaje toplija ili hladnija. *Temperatura* je veličina koja pokazuje meru, efekat, stepen toga hlađenja ili zagrevanja.

Vekovima je toplota bila velika nepoznanica za mislioce prirode. Videli smo kako su taj pojam objašnjavali u antičko doba. Iz zapisa rimskog autora **Lukrecijusa** (95 – 55. godine p.n.e.) vidi se da je toplota posmatrana kao tip materije u fluidnom obliku. Reč „caloric" (latinska reč „calor" znači „toplota") je korišćena da označi ovaj posebni, nedokučivi fluid. Govorilo se da je kalorik bez težine, i da je providan. Lavoazje, slavni francuski hemičar, čak ga je uključio u listu elemenata.

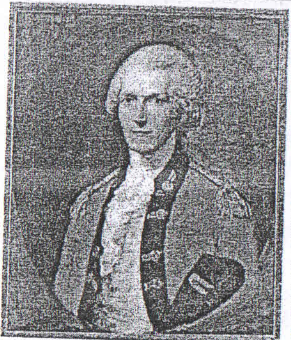
Ovakvim shvatanjem kalorika, nije se moglo objasniti zašto jednake zapremine vode i žive, zagrevane u jednakim posudama i na jednak način, menjaju njihove temperature za različit iznos. Živi se poveća temperatura gotovo dva puta više nego vodi. Slično, jednake mase gvožđa i vode stavljene na zagrejanu peć, imaće za posledicu da gvožđe odmah postaje suviše vruće a voda ostaje prihvatljivo topla. Nije se moglo objasniti ni zašto smeša jednakih masa vode i žive ima temperaturu koja je bliža temperaturi vode nego žive pre mešanja.

Prvi naučnik koji je uočio potrebu da se razlikuje značenje reči „toplota" i „temperatura" bio je **Džozef Blek** (1728 – 1799). On je 1764. godine napisao da termometrom merimo intenzitet zagrejanosti, a da je toplota kvantitet, tj. iznos energije potreban da se zagreje ili ohladi neka supstanca. Blek je uočio da se mora uvesti pojam specifične toplote, kao iznos toplote koji bi trebalo dovesti gramu neke supstance da bi mu se temperatura povećala za jedan Celzijusov stepen. Na osnovu ovoga definisana je kalorija kao jedinica toplote. Kalorija je iznos toplote koji bi trebalo dodati gramu vode da bi mu se temperatura povećala sa 14°C na 15°C.

Blek je 1761. godine otkrio da pod nekim uslovima predata toplota nekom telu nije izazvala promenu temperature. Primetio je da kada se voda ohladi do tačke mržnjenja, njena temperatura se ne snižava uprkos nastavljenom hlađenju (odvođenju toplote). Slično, kada se dodavala toplota vodi, njena temperatura je rasla do tačke ključanja. Posle toga temperatura se nije menjala, iako je nastavljeno sa zagrevanjem. Blek je zaključio da su topljenje, mržnjenje, isparavanje i kondenzacija povezani sa prelazom toplote u tzv. latentnu toplotu. Latentna toplota („latent" je latinska reč koja znači

„skriven“) se oslobađa ili apsorbuje pri faznim prelazima led – voda – vodena para, na takav način da temperatura ostaje nepromenjena. Blek je, takođe, procenio koliko bi toplote trebalo oduzeti vodi da bi se zamrzla. Dobio je 82 kalorije po gramu vode. Takođe je našao da je potrebno dodati 82 kalorije da bi se gram leda istopio. To se dobro slaže sa novijom vrednošću, koja iznosi 79,9 kalorija po gramu. Blek nije odredio toplotu isparavanja. Tek kasnije je nađeno da ona iznosi 597,3 kalorije po gramu.

5.2.4. Toplota i energija



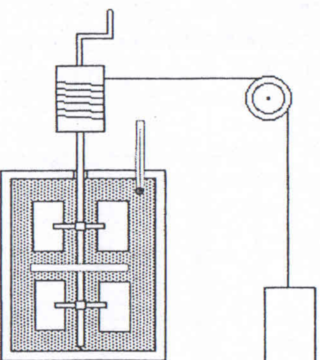
Bendžamin Tomson (1753 – 1814)

Rođen je 26. marta u Voburnu, Masačustes, SAD, u porodici malog farmera. Sve što je naučio bilo je uz pomoć lokalnog sveštenika. Preselio se 1772. godine u Konkord (ranije Ramford), država Novi Hempšir, i oženio sa bogatom udovicom, starijom 14 godina od njega. Sa njom je imao jedno dete. Posle tri godine se razveo. Posle pada Bostona, u Američkom ratu za nezavisnost, emigrirao je u Evropu. U Engleskoj se brzo snašao, tako da je postao državni podsekretar Ministarstva za kolonije, i bio je vitez kralja Džordža III. Kasnije se preselio u Bavarsku, gde je naimenovan za ministra rata. Na toj dužnosti, kao vojni komandant, pokazao se kao veliki inovator. Na primer, napravio je studiju o izolacionim osobinama tkanina i krzna. Pokazao je da vakum sprečava prolazak toplote. Analizirao je hranljive osobine hrane, i napisao studije o receptima za zdrava jela. Istraživao je koja pića mogu da zamene alkoholna. Snažno je podržavao pijenje kafe umesto alkohola. Konstruisao je mnoge naprave za pripremanje kafe. Tomson je 1793. godine postao grof Bavarski, kod bavarskog kneza Maksimilijana. Tada se prozvao grof Ramford. Za počasnog člana Kraljevskog društva izabran je 1799. godine. Prelazi u Pariz i ženi se sa udovicom posečenog Lavoazjea. On nije bio galantan čovek. Brak nije bio srećan. Ceo Pariz je pričao o njihovim javnim, nasilničkim svađama. Brak je raskinut dve godine posle venčanja. Tomson je umro 21. avgusta, 1814. godine, u Otelu, Francuska.

Amerikanac Bendžamin Tomson (grof Ramford) je 1798. godine zapazio da se oslobađa velika količina toplote zbog trenja koje se javlja pri bušenju topovskih cevi svrdlom. Tomson je izveo jedan eksperiment u fabrici oružja u Minhenu. Bušio je metalni valjak, čija je temperatura na početku bila 15°C. Čelična burgija je bila dugačka 10 cm i prečnika 1,5 cm. Burgija se okretala 32 puta u minuti, upotrebom snage dva upregnuta konja.

Posle pola sata rada, i napravljenih 960 obrtaja, temperatura bušenog valjka je iznosila 50°C. Tada je tačno izmerena težina valjka, i posebno opiljaka. Pre bušenja je takođe izmerena težina valjka. Težina brušenog valjka je bila 113,13 funti (1 funta = 0,454 kg). Opiljci su iznosili 1/948 deo od mase valjka. Ramford nije verovao da kalorije iz tako male količine opiljaka mogu proizvesti tako veliki porast temperature valjka.

U sledećem eksperimentu bušenje je vršio stavljajući valjak u dva galona vode (1 galon američki = 3,785 litara), čija je temperatura bila 15°C. Posle sata bušenja, temperatura vode je bila 75°C. Posle dva sata i 20 min je bila 85°C, da bi posle dva sata i 30 min počela da ključa. On je izračunao da je toplota oslobođena bušenjem veća od toplote oslobođene topljenjem 10 sveća prečnika 3/4 inča (1 inč = 2,5 cm). To je velika toplota. Ramford je zaključio da kalorik ne može biti materijalne prirode, i odbio je teoriju o kaloriku.



Sl. 5.12. Džulova aparatura kojom se pokazuje povezanost mehaničkog rada i toplote.

Da bi otkrio prirodu toplote, **Džems Preskot Džul** (1818 – 1889), iz Mančestera, Engleska, uradio je sledeći eksperiment: u valjkasti metalni sud sipao je vodu. U sud je spustio krilca pričvršćena za vertikalnu osovinu, sl. 5.12. Na vrhu dela osovine koji je virio iznad suda nalazio se jedan valjak na koji je bio namotan kanap. Drugi kraj kanapa je prebačen preko jednog

kotura i vezan za jedan teg. Kada je teg pušten da pada, on je okretao lopatice. Zbog trenja lopatica o vodu, temperatura vode se povećavala. Eksperiment je pokazao da se mehanički rad koji je izvršio teg prilikom pada, delom pretvorio u toplotu, a delom u energiju rotiranja fluida. Ovim eksperimentom Džul je pokazao da toplota nije supstanca, već oblik energije. Njegov rezultat je bio pod velikom sumnjom. Rad o toploti i energiji, koji je bio pripremio za objavljivanje, nije niko hteo da štampa u profesionalnim časopisima. Sumnja je dolazila zbog toga što on nije bio neko poznato ime iz sveta nauke, već je bio pivarski trgovac. Ipak je uspeo 1847. godine da održi javna predavanja, koja su bila popularna. Pored ostalih, slušao ga je dvadesettrogodišnji Vilijam Tomson, kasnije poznat kao lord Kelvin. Zahvaljujući Tomsonu, Džulov rad je priznat posle tri godine, dakle 1850. godine.

Kasnije, Džul je počastvovan, i jedinica za energiju je nazvana po njemu Džul. Džulov eksperiment je pokazao da je mehanički ekvivalent toplote 1 Džul = 4186 kalorija.

Pokazano je da se toplota prenosi sa jednog mesta na drugo na tri načina: provođenjem, konvekcijom i zračenjem. Provođenje je prenos toplote molekulima vazduha. Konvekcija je prenos toplote strujanjem zagrejane supstance. Radijacija je transport energije elektromagnetnim zračenjem. Grof Ramford je vršio eksperimente kojima je pokazao karakteristike konvektivnih struja u tečnosti. On je uzeo tanku staklenu cev sa cilindričnim otvorenim proširenjem na vrhu. Sa druge strane cev je bila zatvorena. U vertikalno postavljenu cev sipao je nekoliko kašika za čaj žuti ćilibarski prah. Zatim je sipao izmešanu destilovanu vodu i alkohol (da bi prah mogao da lebdi u fluidu – da bude suspendovan u njemu). Zagrevanjem cevi sa donje strane, javljaju se sva tri vida prenosa toplote. Prvo se tanki sloj rastvora na dnu zagreva toplotnom provodljivošću. Zatim, apsorbovana toplota se prenosi kroz rastvor konvekcijom, i emituje se u obliku zračenja. Deo energije se preko vrha prenosi u vazduh isparavanjem, u obliku latentne toplote.

5.2.5. Adijabatska promena temperature

Pronalaskom termometra mogla se precizno meriti temperatura. Već je bilo sasvim poznato da se temperatura vazuha povećava kada mu se doda je toplota, i da se snižava kada mu se toplota oduzima. Međutim, **Džon Dalton** (1766 – 1844) primetio je da se temperatura vazduha menja i kada je izolovan (odvojen) od okoline, tj. kada nema dovoda niti odvoda toplote. Temperatura vazduha se povećava kada se vazduh sabija (komprimuje), a snižuje se kada se vazduh širi (razređuje). On je, dakle, otkrio adijabatsku promenu temperature. Reč „adijabatski" je izvedena od grčke reči „adiabatos", što znači „nemoguć", tj. javlja se bez dovoda ili odvoda toplote. Ovu reč je prvi upotrebio škotski inženjer **Vilijam Džon Renkin** (1820 – 1871).

Adijabatski proces je deo opštijeg zakona koji je 1881. godine formulisao **Henri Luis Šatijer** (1850 – 1936), poznat kao Šatijerov princip. On ga je formulisao kao: „Ako se neki sistem izloži bilo kakvoj promeni sa spoljašnje strane, sistem će se preurediti da bi se odupro toj promeni". Kada se vazduh od spolja komprimuje, njegova zapremina se smanjuje. Sistem (vazduh) se suprotstavlja ovoj promeni porastom temperature. Porast temperature izaziva širenje vazduha. Kada se vazduhu povećava zapremina dejstvom od spolja, on se tome suprotstavlja snižavanjem temperature. Snižavanje temperature izaziva ponovo skupljanje vazduha. Kada se suv vazduh podiže u atmosferi, on se širi, jer dolazi na mesto manjeg pritiska. Pri tome se adijabatski hladi. To snižavanje temperature je konstantno, i iznosi 1°C po 100 m puta naviše. To je poznati suvoadijabatski vertikalni temperaturni gradijent.

5.3. Barometar

5.3.1. Uvod

Ne dešava se često u istoriji nauke da se napravi neki instrument za određenu namenu, a da kasnije služi za druge potrebe. Naročito se ne dešava da kasnije u potpunosti služi za drugu namenu. To se upravo desilo sa barometrom. On nije pronađen tako što se imala ideja o vazduhu kao materiji koja ima težinu, pa je trebalo tu težinu meriti. Pri pronalasku barometra nije se uopšte imao u vidu vazduh, već vakum. Vakum je zaokupljao pažnju mislilaca od antičkog vremena do sedamnaestog veka.

Kao što se videlo, još Tales, Platon i Aristotel su postavljali pitanja da li vakum može da postoji u prirodi, i može li se stvoriti. Aristotel je govorio da ne može postojati, jer prazan prostor nema dimenzije, ni dole, ni gore, ni istočno, zapadno, severno ili južno. I svetlost ne može prolaziti kroz vakum. Mnogi su ovako mislili u sedamnaestom veku. Vladala je konfuzija i oko toga da li vazduh ima težinu, i izaziva li pritisak na nešto što mu je izloženo.

U to doba (XVII stoleće) velika grupa ljudi se bavila ovim pitanjem.

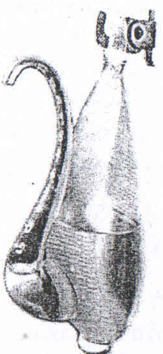
Najbrojnija grupa je bila u Italiji. Neka imena bi trebalo navesti: Đovani Baljani, Gasparo Berti, Isak Bekman, Rene Dekart, Atanos Kirčer, Rafael Mađioti, Emanuel Mangan, Jan Rej, Vinčenco Viviani, Nikolo Zuči, Mikelanđelo Rici i, naravno, Evangelista Toričeli i Galileo Galilej. Ova imena su navedena da se vidi da nije barometar pronađen zahvaljujući radu „jedne ruke".

Misterija oko toga postoji, jer dokazivanje postojanja vakuma je bilo bogoskrnavljenje, jeretički posao. Katolička crkva, preko poznate rimske inkvizicije, je žestoko kažnjavala jeretike. Đordano Bruno je spaljen, Galileo Galilej je jedva izvukao živu glavu, i živeo je u kućnom pritvoru. U tom veku i u Engleskoj je crkva ljude olako lišavala života. Dovoljno je bilo da nekoga proglase vešticom, i presuda je bila – smrt. Više destina ljudi je spaljeno. Kako nauka u takvim uslovima može da bude slobodna i javna?

5.3.2. Preteča barometra

Pronalazak barometra se u većini knjiga vezuje za 1643. godinu. Ima onih koji misle da se to dogodilo 1644. godine. No, o tome će biti reči kasnije. Ovde bi trebalo da se osvetli jedna delatnost ove vrste koja se uglavnom izostavlja, a prethodila je pronalasku „pravog" barometra.

Pedeset godina pre Toričelijevog eksperimenta postojao je instrument koji se nazivao „holandsko staklo za vreme"; ili „staklo za nepogode". Naime, postoji dokument iz 1619. godine, u Gentu, Holandija, koji pokazuje da je holandski inženjer Džijzbreht Donker pronašao instrument koji „pokazuje nekoliko ćudi vremena". Smatra se da je ovaj instrument pravljen znatno pre ovog datuma.



Sl. 5.13. Holandsko staklo za vreme.

Savremena reprodukcija Holandskog stakla za vreme sa početka sedamnaestog veka prikazana je na sl. 5.13. Obojena voda u sudu se podiže i spušta u otvorenoj cevi, pisku, u zavisnosti od atmosferskog pritiska. Međutim, tom pomeranju nivoa vode doprinosi i promena temperature, zbog skupljanja i širenja vazduha iznad vode u glavnom delu suda. Ovo, svakako, nije mogao biti neki precizan instrument, ali je u istorijskom sledu događaja vrlo važno da se poznaje. Ovo staklo za vreme se sada naziva „simpiezometar" – barometar koji iznad stuba tečnosti ima vazduh ili neki drugi gas, umesto vakuma iznad žive, kao kod običnih barometara. Vazduh ili drugi gas iznad tečnosti vrši kompenzaciju na temperaturu. Ovaj instrument je upotrebljavan za prognoziranje vremena. Nije se znao princip zbog čega se neko stanje instrumenta vezivalo za neko vremensko stanje. To je ostalo Toričeliju da objasni.

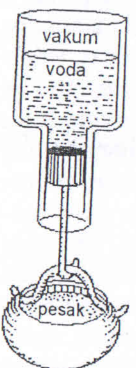
Potrebno je još napomenuti da je „staklo za oluje, ili vreme" imalo različite oblike i različit sastav tečnosti. Vrlo je bio rasprostranjen tip koji se sastojao od staklene cevi visoke oko 25 cm i prečnika 3 cm, napunjene smešom vode, kamfora, alkohola, amonijum-hlorida i kalcijum-nitrata. Cev je hermetički zatvorena. Ovakva naprava se pojavila početkom osamnaestog veka. Neki kažu da su je proizveli alhemičari. Izgled sadržaja u cevi se menja sa vremenom. Javljaju se divni kristali kamfora, koji menjaju izgled padajući prema dnu. Ponekad na vrhu plivaju gomilice malih zvezda, ili snežnih kristala. Ponekad tečnost postaje tamna, a ponekad je potpuno prozirna, sa mnogo nijansi zamućenosti. Ovi različiti izgledi tečnosti su interpretirani kao predznaci tipa vremena koje se očekuje.

Ovu napravu je koristio admiral Fic Roj kada je putovao (oko 1830. godine) Darvinovim brodom, radi istraživanja. Danijel de Fo, 1703. godine, u svojoj knjizi „Velika oluja" navodi uputstvo kako se koristi „kamforovo staklo". (De Fo je najpoznatiji po knjizi „Robinzon Kruso", publikovanoj 1719. godine). Ovo „staklo za vreme" je često postavljano pored živinog barometra.

Fic Roj se interesovao kod naučnika Faradeja da li može da protumači pokazivanje ove sprave. Faradej je jasno naglasio da je stanje te smeše određeno samo temperaturom, i ničim više. Poznati savremeni engleski naučnik Saton je 1965. godine istakao „da je „staklo za oluje" ništa drugo do interesantna igračka. To nije barometar, i u najboljem slučaju je neki nepredvidivi kvalitativni termometar. To nije naprava koja ima ikakvu prognostičku vrednost". Uprkos ovakvom stavu, trebalo bi naglasiti da je autor ove knjige, prilikom mnogih poseta engleskoj meteorološkoj službi, video da se na ulazu u glavnu zgradu u Breknelu još uvek nalazi „staklo za oluju".

5.3.3. Stvaranje vakuma

Pritisak i vakum su dva osnovna pojma koje sada dobro razumeju gotovo svi. Ali, tako nije bilo ranije. Čak su mudri antički grci negirali mogućnost postojanja vakuma. Aristotel je naglašavao da se „priroda plaši vakuma". I Galilej na početku nije imao jasnu predstavu o tome. Da bi pokazao da postoji vakum, on je konstruisao jednostavnu napravu (sl. 5.14.)

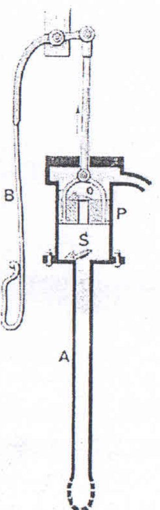


Sl. 5.14. Galilejev eksperiment stvaranja vakuma.

U staklenu posudu sa dugačkim grlom nasuo je vodu, ne do vrha. Začepio je drvenim čepom, i prevrnuo. Za čep je zakačio teg. Čep se postepeno izvlačio. Primetio je da se i voda odvaja od dna suda. Tu se stvarao prazan prostor – vakum.

U svom delu „Discurs", publikovanom 1638. godine, pokušao je to da objasni. Trebalo je objasniti i zašto fiorentinski kopači bunara nisu mogli da izbace vodu usisnim pumpama iznad visine od oko 10 m. Usisna pumpa (sl. 5.15.) sastoji se iz cilindričnog tela pumpe u kome je pokretni klip P. Na klipu sa gornje strane se nalazi poklopac O, koji se otvara naviše. Poklopac S, koji je pokretan naniže, zatvara i otvara usisnu cev A, koja je potopljena u tečnost koju bi trebalo podignuti. Kada se podiže klip pomoću poluge B, O se zatvara a S otvara. Atmosferski pritisak potiskuje tečnost u cev A. Kada se klip spušta, S se zatvara, O se otvara. Tečnost dolazi iznad klipa. Pri sledećem dizanju klipa ova tečnost izlazi napolje kroz odvod. Pumpa dobro funkcioniše samo kada je puna tečnosti, tj. kada je aktivirana. Fiorentinski kopači bunara si primetili da se voda ne može podići više od 10 m. Zbog prodiranja vazuha kroz neizbežne pukotine, u praksi se nikad ne može podići voda na veću visinu od 7 – 8 metara. Ovo je stimulisalo naučnike da razmišljaju

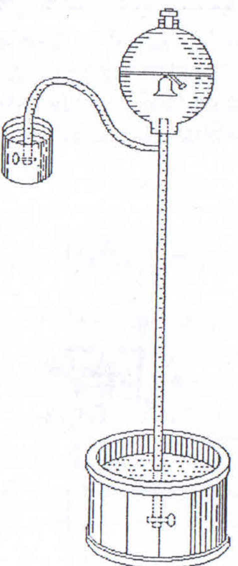
zašto postoji ta barijera od oko 10 m. Tek je Toričelijev ogled dao potpun odgovor na ovo pitanje. Vazduh koji je održavao ravnotežu stuba vode je toliko težio, pritiskao, i zbog toga se voda ovim metodom nije mogla izbaciti na veću visinu. Tek kasnije su pronađene potisne pumpe, kod kojih ovo ograničenje ne postoji.



Sl. 5.15. Usisna pumpa.

Kada je Galilejev „Diskurs" došao u Rim, decembra 1638. godine, u ruke naučnika Rafaela Mađiotija, stimulisalo ga je da napravi eksperiment o vakumu. Eksperiment je izveo **Gasparo Berti** (1600 – 1643) u junu 1641. godine. Berti je koristio aparaturu koja se sastojala od olovne cevi dugačke oko 12 m i povijene nadole pri vrhu. Na oba kraja su postojali ventili za zatvaranje i otvaranje. Za vreme eksperimenta, cev je bila napunjena vodom. Oba kraja sa ventilima su bila potopljena u posude sa vodom. Na početku je donji ventil bio zatvoren a gornji otvoren. Tada se voda u cevi spustila i stvorio se vakum u cevi. Kada se otvorio gornji ventil, vazduh je uz jasnu buku ušao u cev, popunjavajući prostor.

Kasnije je na vrh cevi postavio kuglu sa zvonom u njoj. Ponovio je eksperiment na isti način. Kada je kugla ispražnjena, u njoj je ostao vakum. Magnetom je od spolja pomerao čekić zvona, ali se zvuk nije čuo. Zvuk se ne prostire kroz vakum.



Sl. 5.16. Bertijev eksperiment.

5.3.4. Pronalazak barometra

Rafael Mađioti u pismu **Evangelisti Toričeliju** (1608 – 1647) opisao je Bertijev eksperiment. U pismu je naglasio, kada se umesto obične koristi morska voda, nivo vode u cevi je niži. Ovo je podstaklo Toričelija da umesto vode upotrebi živu, koja je 13,6 puta gušća od vode. Živa se u to doba zvala „živo srebro" (zbog boje srebra i fluidnosti). Postojali su rudnici žive u oblasti Toskane.

Poznati „Toričelijev" eksperiment izveo je njegov asistent Vinčenco Viviani (1622 – 1703), 1643. ili 1644. godine, (ne zna se pouzdano kada se to desilo). Eksperiment se sastojao od sledećeg: Staklena cev, zatvorena sa jedne strane, visoka oko 1 m, napunjena je živom. Zatvorena je i sa druge strane okrenuta i uronjena u posudu sa živom. Zatim je otvorena donja strana. Živa je lagano počela da se spušta niz cev. Vrh živinog stuba se zaustavio na visini od oko 760 cm od nivoa žive u sudu. Ovim je pronađen barometar. Sve kasnije popravke su bile kozmetičke prirode.

Evangelista Toričeli
(1608 – 1647)

Rođen je 15. oktobra blizu Faence, Italija. Kao dečak ostao je siroče. Odgajio ga je njegov ujak, učeni monah Jakopo. Toričeli je prvo učio kod jezuita u Faenci, da bi 1627. godine prešao u Rim da studira kod Benedeto Kastelija, Galilejevog prijatelja. Odmah se videlo da je talentovan matematičar. Bio je imenovan za Galilejevog asistenta 1641. godine, kada se vratio u Firencu. Galilej je umro tri meseca po njegovom dolasku. Tada je veliki vojvoda Ferdinand II Toričelija naimenovao za Galilejevog naslednika kao dvorskog filozofa i matematičara u Firenci. Toričeli je 1644. godine objavio svoje glavno delo „Opera Geometrica". Umro je 25. oktobra posle kratke bolesti, verovatno od tifusne groznice.



Toričeli je zaključio: „Mi živimo potopljeni na dnu okeana od vazduha". Ukupna težina slojeva vazduha u „50 milja dubokoj atmosferi" (tako je on govorio) stvara pritisak koji drži ravnotežu stubu žive visokom 76 cm.

Toričeli nije nikada publikovao neki rad o istraživanju oko vakuma i barometra. Jedan od razloga je što je znao kakve posledice može da snosi od crkve (kao njegov prethodnik, Galilej). Drugi razlog može biti njegova prezauzetost istraživanjima u matematici. Istraživao je cikloide. Tada (1644. godine) je publikovao i svoje glavno delo „Opera Geometrica". Ipak, eksperimente je detaljno opisao u dva pisma koja je 1644. godine poslao u Rim, svom prijatelju Mikelanđelu Riciju. Prema oduševljenosti rezultatima eksperimenta, moglo se naslutiti da su eksperimenti završeni 1644. godine, a ne godinu dana ranije, 1643. godine, kako se obično navodi u literaturi. Rici je napisao pismo Mersenu u Pariz, u kome ga je detaljno obavestio o Toričelijevom eksperimentu. Mersen, poznat po dobrim vezama, preneo je vest o ovome po celoj Evropi.

Svi su bili oduševljeni novim instrumentom. Ponavljali su eksperiment u svom izvođenju. Već 1645. godine Toričelijev eksperiment je pono-

vljen u Rimu, kod kardinala Đovanija Karla (brata Ferdinanda II). Korišćene su cevi različitih oblika i veličina, i postavljane su pod raznim uglovima u odnosu na vertikalni položaj. Uvek je vertikalna visina vrha žive bila ista u odnosu na nivo žive u sudu. To znači da je zavisila samo od atmosferskog pritiska.

Ima određenih nejasnoća u pogledu Dekartovog doprinosa pronalasku barometra. Dekart je napisao pismo 2. juna 1631. godine, svome učeniku Reneriju. U njemu je objašnjavao atmosferski pritisak i vakum. Tu je Dekart koristio vunu kao analogon vazduhu. U objašnjenjima je koristio svoj poznati stav o vrtlozima. Tu on ispravno rezonuje da atmosferski pritisak drži ravnotežu živi u cevi, ali se ne slaže da se u cevi iznad žive nalazi vakum, već da taj prostor pri spuštanju žive popunjava etar.

Iz pisma se može videti da je Dekartu bila poznata ideja kako funkcioniše barometar, dakle, znatno ranije nego što je to uradio Toričeli. Po tome bi se moglo naslutiti da je on sproveo i merenje. Pažljivim čitanjem se ipak može zaključiti da ima nekih propusta u objašnjenju, koji pokazuju da nije izvodio eksperiment. Međutim, Dekart je napisao pismo Mersenu 13. decembra 1647. godine. U njemu se vidi da je Dekart napravio skalu za barometar, pa papirnu kopiju šalje Mersenu kako bi mogli da uporede izmerene vrednosti. Ako se smatra da je barometar instrument sa skalom, onda se može reći da je Dekart prvi napravio barometar.

5.3.5. *Usavršavanje barometra*

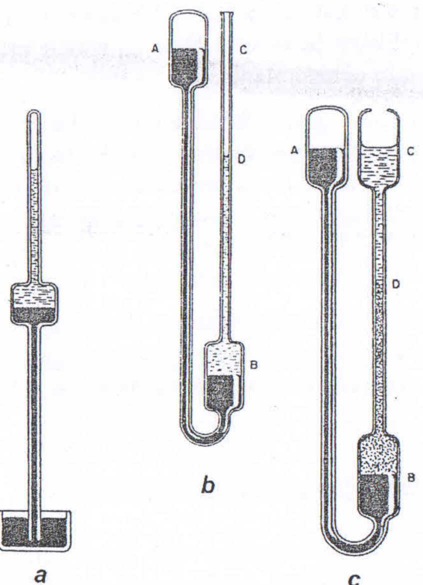
Prošlo je više od 20 godina a da se praktično ništa nije uradilo na usavršavanju barometra. U tom periodu upotrebljavan je barometar koji je Academia del Cimento koristila od 1657. godine. Robert Huk je dao jedan izvanredan doprinos 1665. godine, pronalaskom „barometra sa točkom". On je uglavnom korišćen za kućne, a ne profesionalne potrebe, pa će se o tome govoriti u posebnom poglavlju.

Reč barometar je prvi upotrebio Robert Bojl 1665. godine. Do tada se govorilo o Toričelijevoj cevi. Naime, Bojl je u pismu upućenom Oldenbergu (sekretaru Kraljevskog društva) dao kratak opis njegovog balans baroskopa, i poređenje sa visinom žive u Toričelijevoj cevi. Tu on prvi put upotrebljava reč „barometar".

Bojl se interesovao i za termometar i za barometar. Barometar je koristio u mnogim istraživanjima atmosferskih fenomena, uključujući i pitanje

postojanja vakuma. O vakumu nikada nije iskazao jasan stav (možda zbog religioznih ubeđenja). On je 1669. godine napisao rad „Nastavljanje novih eksperimenata", u kome opisuje prvi potpuno prenosivi barometar. Kraljevsko društvo je 4. juna 1668. godine dalo predlog da se ovakvi barometri pošalju u više delova sveta, kako bi se merio pritisak. Naročito su smatrali da bi ga trebalo poslati u daleke engleske oblasti (kolonije), „na plantaže Bermuda, Jamajke, Barbadosa, Virdžinije, Nove Engleske, Tangira, Svete Jelene, Rta Dobre Nade i Kameruna". Ovaj grandiozni plan tada nije ostvaren, zbog straha da li bi Bojlovi prenosivi barometri „preživeli" dugački put.

Učinjeni su pokušaji da se poveća osetljivost barometra. Prvi takav pokušaj potiče od Dekarta. On je konstruisao barometar sa dve tečnosti, žive ispod i vode iznad (sl. 5.17.*a*).



Sl. 5.17. Barometri a) Dekartov, sa dve tečnosti b) Hukov, sa dve tečnosti c) Hukov, sa tri tečnosti.

Ideja je da se sa gornjom, redom tečnosti (voda, čisti alkohol) poveća osetljivost. Sa živom ispod, smanjuje se ukupna dužina cevi barometra, a sa gornjom, lakšom, povećava se ta dužina, a samim tim povećava se osetljivost. Voda kao gornja tečnost nije dobra, jer vodena para u gornjem delu cevi čini pokazivanje vrlo zavisnim od temperature.

Huk je 1668. godine konstruisao barometar sa dve tečnosti i prikazao ga Kraljevskom društvu, sl. 5.17.*b*. On takođe koristi vodu i živu. Ima prednosti u odnosu na Dekartov, ali i nedostatak, jer se brzo zaprlja kroz cevčicu kroz koju se tečnost pomera. Rešenje problema Huk je pronašao u barometru sa tri tečnosti. Koristio je živu, terpentinsko ulje i alkohol. Atmosferski pritisak se očitava u oba slučaja položajem tačke D.

Ovakvi barometri su bili popularni i upotrebljavali su se u zapadnoj Evropi skoro dva veka. U tom periodu bilo je i drugih poboljšanja. Korišćena je zakrivljena cev u obliku slova „L". Kod Bernulijevog barometra, jedan krak je bio uži od drugoga, čime se povećavala osetljivost, ali je bio nepraktičan pri baždarenju. Švajcarski meteorolog **de Luk** (1727 – 1817) je 1749. godine analizirao osetljivost barometara na temperaturu. Uveo je korekciju očitanog stanja na temperaturu.

Francuski naučnici Kasini i Lemonier su 1740. godine uočili da se povećava osetljivost barometra kada se koristi prokuvana živa, i bolje se međusobno slažu očitana stanja.

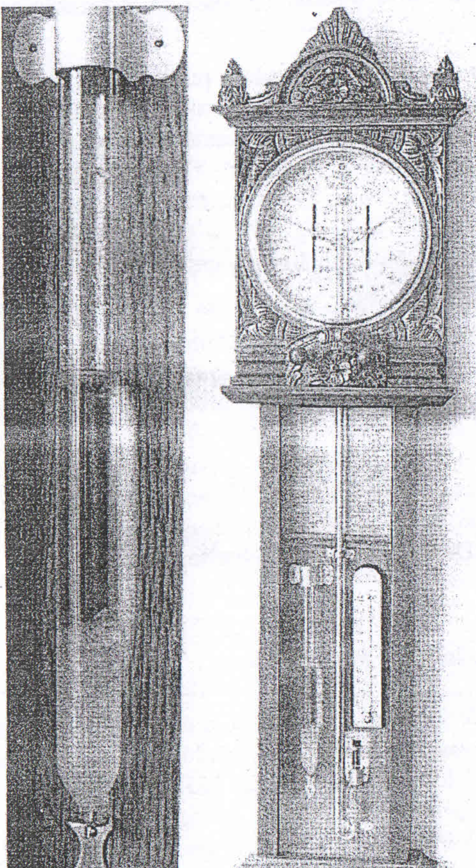
Huk je 1667. godine konstruisao brodski barometar, sastavljen sa vazdušnim i alkoholnim termometrom sa pokretnom skalom. Takav barometar je znatno kasnije opisao i ruski naučnik Lomonosov. On, 1759. godine, piše: „Kada udvojeni termometri pokazuju razliku u temperaturi, to znači da vazduh postaje teži, i barometarsko stanje je više". I Mendeljejev je 1878. godine predstavio „diferencijalni barometar". Merio je male promene pritiska.

Laplas je 1805. godine istakao da bi trebalo barometarsko stanje korigovati, zbog toga što nije sila zemljine teže ista ni na različitim visinama ni na različitim geografskim širinama. Predložio je način te korekcije.

5.3.6. *Savremeni živini i aneroid barometri*

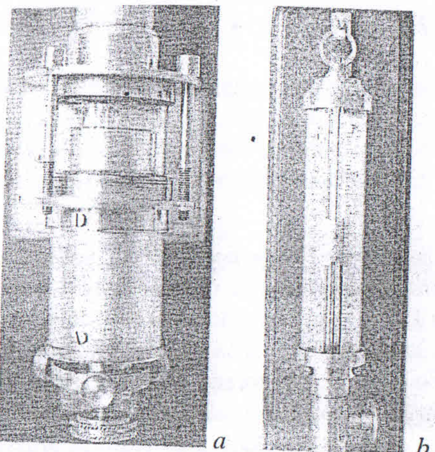
Od sredine sedamnaestog veka, živini barometri, bez komplikovanih tipova sa dve ili tri tečnosti, zauzimaju dominantno mesto za upotrebu u domaćinstvu, kao dekorativni predmet, za naučna istraživanja, kao i za standardna meteorološka merenja. Živini barometri su još uvek najtačniji instrumenti. Danas ima mnogo proizvođača barometara. Uglavnom su svi slični. Razlikuju se dva tipa, prema obliku rezervoara. Rezervoar može da bude u obliku cisterne (čaše), ili u obliku sifona (u obliku slova „U"). De Luk je 1770. godine konstruisao barometar sa sifonom, i snažno je zastupao gledište da bi on trebalo da se koristi. Jedan tip takvog barometra je i Fic Rojev barometar.

Fic Roj je poznati engleski meteorolog koji je mnogo doprineo razvoju meteorologije oko sredine XIX veka. Jedan tip Fic Rojevog barometra sa sifonom, koji se proizvodio između 1870. i 1885. godine, prikazan je na sl. 5.18.



Sl. 5.18. Fic Rojev sifon barometar (desno) sa „staklom za oluju" u donjem levom delu (levo).

Henri Kevendiš (1731 – 1810) je davao podršku barometrima sa cisternama. Najpoznatiji barometar te vrste je Fortenov barometar. **Nikola Forten** (1750 – 1821) je uveo jednu izmenu na klasičnom rezervoaru u obliku čaše, tako što je donji deo rezervoara mogao da se podigne do jednog šiljka, sl. 5.19. To je omogućavalo precizno određivanje referentnog nivoa žive u rezervoaru.



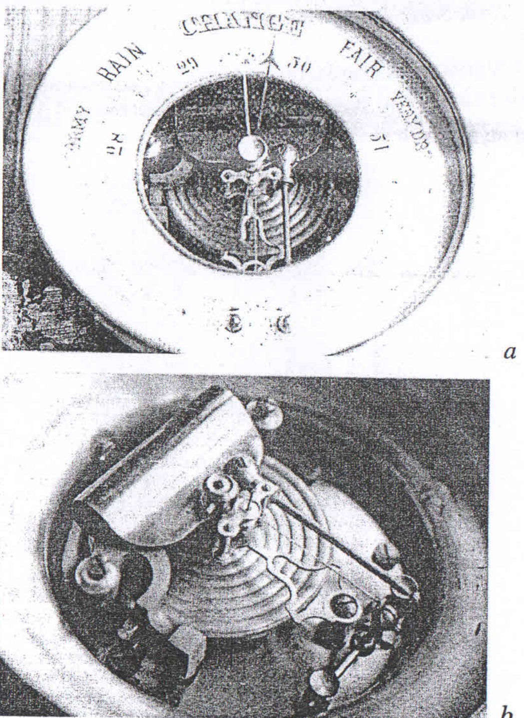
Sl. 5.19. Fortenov barometar a) rezervoar sa šiljkom (levo) b) gornji deo sa skalom.

Postoji sasvim drugi tip instrumenta za merenje atmosferskog pritiska, to su aneroidi. Ideju za aneroid barometar dao je još oko 1700. godine slavni nemački matematičar Lajbnic. On je u pismu upućenom takođe poznatom švajcarskom naučniku Johanu Bernuliju, opisao „malu zatvorenu kutiju" koja bi mogla da se sabija i širi pod uticajem porasta i smanjenja težine vazduha". Tada se nije još raspolagalo dobrim materijalom i tehnikom da se takve kutije proizvode.

Sličnu ideju je 1797. godine imao Nikola Žak Konte. On je predložio da se napravi kutija u obliku i veličini kao džepni sat. Dno kutije bi se izradilo od čvrstog čelika, a gornji deo od tanjeg, tako da se može pomerati pod uticajem promene pritiska. Vazduh bi se iz nje odstranio, a unutra bi se postavila opruga koja bi vraćala ulegnutu kutiju. Pomeranje gornjeg dela kutije bi se prenelo pokazivačem na skalu za pritisak. Po ovoj ideji je bila napravljena takva kutija, ali je bila vrlo osetljiva na promenu temperature. Ideju je najzad realizovao i proizveo praktični instrument Lucijan Vidi, 1843. godine. Instrument je nazvao aneroid (bez tečnosti) i patentirao ga za Francusku, Englesku i SAD za period 1844 – 1846. godine.

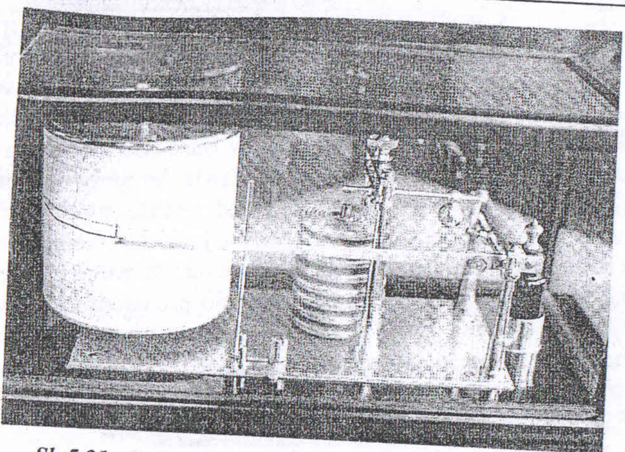
Sličan, mada ne i identičan merač pritiska, patentirao je 1846. godine u Nemačkoj, železnički inženjer Šinc. Njegov instrument je bio u obliku iskrivljene cevi sa eliptičnim poprečnim presekom. Krivina cevi se menjala pod uticajem unutrašnjeg pritiska. Ta naprava se od 1848. godine u Nemačkoj ugrađivala u parne lokomotive za merenje pritiska vodene pare. Tri meseca kasnije, Francuz Burdon je patentirao sasvim sličan instrument. Sasvim je moguće da je napravljen nezavisno od drugih.

I Vidijev i Burdonov merač pritiska je prikazan na velikoj svetskoj izložbi 1851. godine u Londonu. Oba su nagrađena medaljama. Ali, tada Vidi započinje zakonski postupak protiv Burdona. Vidi je izgubio spor u prva dva suđenja. To je neka i prirodna pravda, jer njegov „izum" je praktično onaj što je izmislio Konte. Međutim, Vidi se žalio i treći put. Sada je dobio presudu u svoju korist. Međutim, tada mu je isteklo vreme važenja patenta, a nije mu odobren produžetak važenja, tako da je Burdon mogao bez problema da nastavi svoj posao. Burdon se obogatio prodajom instrumenata za razne industrijske potrebe. Vidi je ostao siromašan biznismen jer je njegov aneroid našao primenu, ne u industriji, već za meteorološka merenja. Spoljašnji i unutrašnji izgled jednog aneroida, proizvedenog 1880. godine, prikazan je na sl. 5.20.



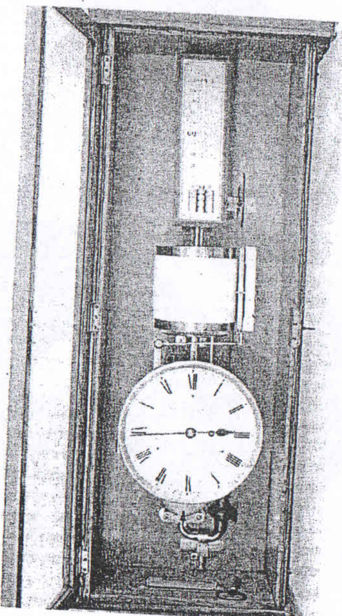
Sl. 5.20. *Aneroid barometar proizveden 1880. godine. a) spoljašnji izgled; b) unutrašnji deo.*

Aneroid se koristi u instrumentu za registraciju pritiska, koji se naziva barograf, sl. 5.21.



Sl. 5.21. Barograf sa stubom od osam Vidijevih kutija.

Za registraciju (zapisivanje) pritiska pre pronalaska aneroid barometra, koristili su se živini barometri sa sifonom. Jedan takav barograf iz 1880. godine, prikazan je na sl. 5.22.



Sl. 5.22. Barograf sa prijemnim delom živinog barometra sa sifonom, iz 1880. godine.

5.3.7. Kućni barometri

Kada se govori o barometrima, s pravom se posvećuje pažnja metodu rada, tačnosti, osetljivosti, itd. Međutim, vrlo su rasprostranjeni barometri kod kojih je na ceni i njihova dekorativnost. Jedan od takvih, u kome su objedinjene i tačnost i dekorativnost, jeste Hukov živin barometar sa kružnom skalom.

Ovaj barometar Huk je opisao 1665. godine u knjizi „Mikrografija". To je živin barometar sa sifonom (donji deo cevi previjen u vidu velikog štampanog slova J). Na vrhu žive u kraćem delu cevi stavljen je plovak. Za njega je zakačen kanap koji je prebačen preko kotura. Na kraju kanapa obešen je protivteg. Za kotur je pričvršćena skazaljka. Ispred skazaljke se nalazi kružna skala, koja je izgravirana u jedinicama pritiska i/ili sa oznakama vremena u pojedinim segmentima skale. Kao jedinica pritiska korišćene su dužine (visine živinog stuba) izražene u engleskim inčima (25,40 mm) ili u pariskim inčima (27,07 mm). Kompletan krug na skali odgovara promeni pritiska od 2 engleska inča. Na skali vrednost od 29,5 inča označena je na „skali tipa vremena" sa „promenljivo" (vreme). Idući prema manjim vrednostima pritiska, na svakih pola inča stoje redom oznake: kišovito; jaka kiša; olujno. Kada se od oznake 29,5 inča ide prema višem pritisku, na svakih pola inča stoje redom oznake: vedro; postojano vedro; vrlo suvo. Nije poznato po kom pravilu su ove dve skale podešene. Naučnik Dalense je 1688. godine ovoj opisnoj skali od šest vremenskih stanja dodao još dva stanja: vrlo suvo i vrlo olujno. Ovakve opisne skale se i danas koriste kod aneroid barometara.

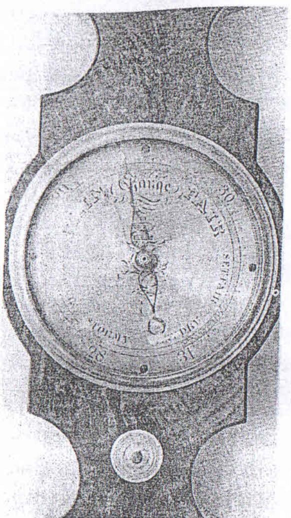
Prednji deo kućnih barometara izrađivao se sa puno dekorativnih detalja, koji su zavisili od proizvođača.

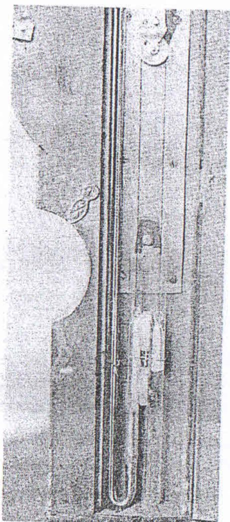
Na sl. 5.23. prikazan je prednji deo barometra sa kružnom skalom i zadnji deo gde se nalazi živin barometar sa sifonom, plovkom, koturom kanapa i protivtegom.

5.3.8. Promena atmosferskog pritiska sa visinom

Jedan od naučnika koji je ponovio Toričelijev eksperimant bio je Francuz **Blez Paskal** (1623 – 1662). Uz pomoć svog oca Etjena, eksperimentisao je sa cevima raznih oblika i dužina. Upotrebljavao je živu, vodu i crveno (crno) vino. Pošto je vino lakše od vode, cevi su bile dugačke oko 12 m.

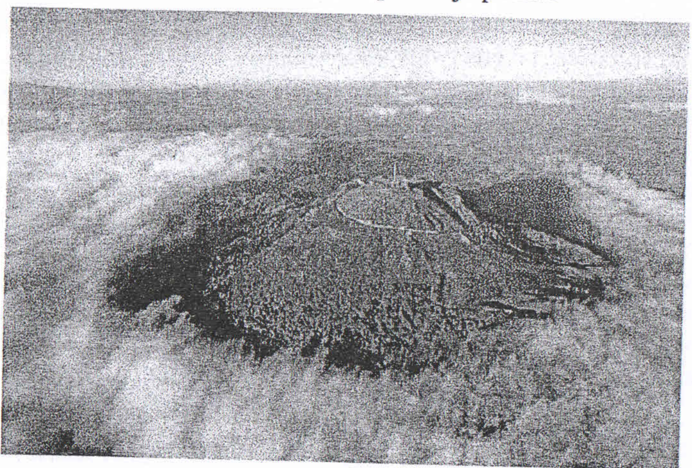
Ali, za razliku od ostalih, Paskal se nije zadovoljio samo ponavlja-





Sl. 5.23. Barometar sa kružnom skalom: a) prednji deo sa dve skale i skazaljkom; b) zadnji deo sa živinom cevi, plovkom, kanapom, obrtnim točkom i protivtegom.

njem već poznatih eksperimenata. On se bavio razmišljanjem šta taj izmereni pritisak predstavlja. Uvideo je da je Toričelijeva predstava o atmosferi, kao o moru vazduha čiju ukupnu težinu merimo barometrom, ispravna. To je značilo da pritisak, idući naviše, mora da opada. Da bi proverio ovu pretpostavku, trebalo je meriti pritisak na vrhu i u podnožju planine



Sl. 5.24. Pi de Dom okružena slojastim oblacima.

Blez Paskal (1623 – 1662)

Rodio se 19. juna u Klermon-Feranu, Francuska. Majka mu je umrla kada je imao tri godine. Njega, brata i sestru odgajio je otac Etjen. Paskalova porodica se preselila u Pariz 1629. godine. Bleza su odmah prepoznali kao čudo od deteta za matematiku. Već 1642. godine, pronašao je mašinu za sabiranje i oduzimanje, ali je bila skupa za proizvodnju. Njegova analiza cikloida inspirisala je druge da formulišu njihovo izučavanje. Bio je pionir i u mnogim oblastima mehanike fluida. Jednom se Paskal sastao sa profesionalnim kockarom Ševalije de Merom. De Mer je izgubio veliku sumu novca na kocki. Zato se interesovao kod Paskala da mu pronađe metod koji bi mu donosio uspeh u kocki. Ne zna se kako je Mer prošao u svom profesionalnom poslu, ali se zna da je Paskal, rešavajući njegov problem, bio začetnik teorije verovatnoće.

Paskal je doživeo veliku nesreću 1654. godine. Njegovi trkački konji su ga gotovo potpuno ubili. Jedva je preživeo. Tada se sasvim preokrenuo u svom duhovnom životu. Pošto je doživeo neko mistično otkrovenje, okrenuo se veri u boga. Paskal je pristupio jednoj ekstremno strogoj sekti unutar katoličke crkve. Tu sektu je kasnije osudio i sam papa. Svoje filozofske i religijske ideje izložio je u „Provincijskim pismima“. Živeo je strogim asketskim životom u manastiru Port-Rojal de Šamp, 15 km jugozapadno od Pariza. Paskal je umro 19. avgusta. Kada je pripremano njegovo telo za sahranu, primećeno je da je imao oko sebe kaiš sa zašiljenim ekserima okrenutim prema njegovoj koži.

Pošto je bio teško bolestan, a živeo je u Parizu, u čijoj okolini nema planina, nije mogao lično da izvrši ta merenja. Zato je zamolio svog zeta **Florina Perijea** (1605 – 1672) da ih izvrši. Perije je živeo u planinskoj oblasti centralne Francuske. Predložena merenja su izvršena 19. septembra 1648. godine, uz planinsku stranu vulkanske planine Pi de Dom (1464 m nadmorske visine) sl. 5.24. Sada se na vrhu planine nalazi poznata opservatorija Pi de Dom.

Perije je pozvao nekoliko istaknutih crkvenih ljudi i laika iz svog grada, Klermon-Ferana, da mu se pridruže. Prvo su podesili barometar u podnožju planine, i izvršili merenje. Živin stub je bio visok tačno 28 pariskih

inča (1 pariski inč = 27,07 mm). Zatim su se popeli na vrh planine i izvršili merenje. Visina stuba je bila manja, i iznosila je 24 i 2/3 inča. Perije je izvršio dodatno pet merenja u raznim tačkama na vrhu, i dobio je isti rezultat. Pri spuštanju sa vrha, vršili su merenja. Barometarsko stanje se pri tome povećavalo. Ponovo su izvršili merenje u podnožju i visina žive je bila ista kao i na početku merenja, 28 inča. Rezultati merenja su potvrdili Paskalovu predstavu da je vazduh elastičan, i da pritisak opada sa visinom.

Postoje dokazi da je pri kraju 1647. godine, takva merenja sproveo u Varšavi V. Magni. Dakle, to je bilo pre Perijeovih merenja. Ova činjenica je zaokupljala pažnju naučnika. Nekoliko vekova kasnije, 1906. godine, istoričar F. Matis je optužio Paskala da je falsifikovao pismo koje je Perije napisao 15. novembra 1647. godine. Istažujući činjenice, drugi istoričar, J. Mesner, zaključio je da je Perije verovatno poslao to pismo Paskalu, koje je Paskal nešto izmenio pre štampanja. Ovo pokazuje da je bilo izvesne sujete u poslo-vima ove vrste.

Ovde je zgodno napomenuti da je Paskal tada izračunao kolika je ukupna masa atmosfere. Našao je da iznosi $8{,}28 \cdot 10^{18}$ funti ($5{,}25 \cdot 10^{18}$ kg). Paskal nije kazao metod računanja, ali je naglasio da bi to moglo da izračuna dete koje ume da sabira i oduzima.

5.3.9. Zablude pri interpretiranju barometarskog stanja

Pronalazak barometra bila je ključna prekretnica u shvatanju prirode vazduha. Toričelijevom cevi vršena su merenja širom Evrope. Pomislilo bi se da su svi problemi u vezi sa tim prevaziđeni, ali, tek su tad nastali. Trebalo je interpretirati zašto se pritisak menja u nekoj tački sa vremenom, pri raznim vremenskim situacijama, itd. U tu polemiku su bili uključeni praktično svi misleći ljudi toga doba. Danas prosto izgleda smešno šta tada ljudi nisu znali. Iz tog razloga će ovde biti naveden samo jedan mali deo shvatanja o prirodi pritiska u periodu od oko 50 godina posle pronalaska barometra.

Februara 1645. godine, posle manje od godinu dana od Toričelijevog eksperimenta, kardinal Đovani Karlo de Mediči imao je više Toričelijevih cevi u Rimu, na kojima je očitavao stanje duže vremena. Pronašao je da se nivo žive ne poklapa sa osmatranom promenom temperature i vlažnosti. Zaključeno je, dakle, da se pritisak ne menja zbog osobina vazduha iz neposredne okoline, već zbog vazduha iz široke oblasti. Tako počinju dugi pokušaji da se nađe naučna osnova za prognoziranje vremena, i za nalaženje razumnog objašnjenja za nepravilne promene barometarskog stanja.

Osmatranja na samom početku su nametnula veliku nepoznanicu o tom „kutku" prirode koji čini atmosferu. Naime, uočeno je da živa obično postiže najviši nivo kada je lepo vreme, i najniži pri ružnom, kišovitom vremenu, kada je vazduh pun „vodene pare i isparenja", i, očigledno, „najteži". To saznanje je bilo enormno iznenađujuće, pa čak i razočaravajuće. Priroda ne radi pošteno, mislili su mnogi. Tako, Pjer Gasendi (1592 – 1655, filozof koji je reaktivirao Epikura na Zapadu) 1654. godine piše:

„... Kada je nebo vedro i duvaju severni vetrovi, živa u cevi ostaje uvek viša nego kada je nebo pokriveno (oblacima) i kada duvaju južni vetrovi. Ali, kada je nebo čistije, težina njegova vazduha trebala bi biti daleko manja nego kada je tmurno, tako da mnogo manje pritiska živu u cisterni, i kao posledica toga živa izlazi iz cevi, i trebalo bi da ima manju visinu".

Razočaravajuću činjenicu Gasendi odmah, kao misleći čovek, objašnjava: „Uzrok ovoga može da bude to što pri lepom vremenu, kao i pri hladnom, pare ne dolaze sa zemlje, kao što to čine pri toplijem i oblačnijem vremenu. Postoje neke čestice koje utiču da ova isparenja pritiskaju naviše umesto naniže. Čestice oblaka su takve vrste. Zaista, vi njih niste videli da su suspendovane ako ih neka sila ne nosi gore i održava ih, upravo kao što se stričak uzdigne i leti kroz vazduh".

Prema ovome, mislilo se da postoje čestice koje guraju naviše, i tako olakšavaju vazduh. Ta ideja je slična onoj kada je Bojl vršio 29 eksperimenata vazdušnom pumpom. Jednom je otvorio rezervoar iz koga je ispumpao vazduh. Čestice dima su povučene u rezervoar. Naravno, mi danas znamo da se to desilo zbog tzv. sile gradijenta pritiska, a kakva je sila olakšavala „oblačni vazduh", tek je trebalo odgonetnuti.

Džon Valis (1616 – 1703) profesor sa Oksforda, našao je da se živo srebro (živa) podiže kada se javlja gusta magla. To je pripisao težini vodene pare u vazduhu. Ona se takođe podiže i pri sunčanom vremenu, delimično zbog toga „što se sa suncem podiže vodena para, a delimično zbog toga što toplota povećava elastičnost vazduha". Pri oblačnom i kišnom vremenu, visina se smanjuje „zato što vazduh olakšava zbog izlučenih padavina". Pri vetrovitom vremenu „ja sam našao da visina uglavnom pada, i da je to izraženije nego pri kiši. Ja to objašnjavam time što vetar pokreće vazduh i ne dozvoljava mu da mnogo pritiska na dole, slično plivaču. Ja nisam našao da je ikada niža nego pri jakom vetru".

Iz ovoga se vidi koliko je merenje pritiska unelo svežinu u traženju uzroka zbivanja u atmosferi. Valis otkriva četiri uzroka: 1) težina vodene pare; 2) da je elastičnost vazduha nezavisna od pritisaka, zbog njegove težine; 3) efekat izlučene kiše, i 4) efekat vetra.

Đovani Alfonso Boreli (1608 – 1679) jedan od najaktivnijih članova „Academia del Cimento", i prvi meteorolog koji je vršio sistematska merenja vetra termometrom i barometrom i osmatrao druge vremenske pojave. Boreli je prihvatio dve Valisove ideje, a imao je i svoja specifična objašnjenja. Tako, Boreli ističe da delići vlažnosti u oblaku na neki način leže jedan na drugom, i tako pridržavaju deo težine vazduha koji se nalazi iznad oblaka. Zbog toga je pritisak niži pri oblačnom vremenu. Postojanje ove ideje može se naći u pismu koje je princ Leopold (pametan i nauci okrenut čovek) poslao 15. decembra 1657. godine, bratu Ferdinandu II. U tom pismu Leopold takvo objašnjenje odbija. On ističe: „Ja sumnjam da tako sitne čestice vlažnosti, koje su u oblaku, i spuštaju se malo pomalo, bilo kao kiša ili magla, ili u nekom drugom obliku dolaze do zemlje, mogu proizvesti isti efekat zadržavanja gornjeg sloja kao neko čvrsto telo, ako je oblak kao neka četka".

Boreli je princu Leopoldu poslao izveštaj iz Pize 5. marta 1660. godine, u kome ističe: „Živa u Toričelijevoj cevi je bila izuzetno visoka toga jutra, viša nego što je ikada osmotreno u protekle tri godine; praktično '20 stepeni' viša". Iz drugog pisma se vidi da je uobičajena visina žive oko 460 stepeni te skale. Boreli ističe: „Ovo čudovište prirode pokazuje da je vazduh koji leži iznad Pize prekomerno i ekstremno veći nego što je bio u drugim prilikama, zbog smeše drugih materijala, para, tečnosti ili zemlje sa njime. Videćemo da li će ovo pratiti i ekstremno jake kiše. Ili, ako materijal nije voden, te ga vetar ne može rasterati, mi ćemo videti da to nije nešto što prethodi kometama... Ako se ovo ništa ne desi, ja pretpostavljam da u različitim trenucima vremena vazduh može postati manje ili više težak, zbog uzdizanja čestica sa zemlje".

Prepiska između princa i Borelija je bila česta. U pismu od 16. marta 1660. godine, Boreli piše: „... Vi ističete da trajanje jakog vetra može akumulirati veliku količinu vazduha iznad Pize i njene okoline, i da zbog toga težina vazduha može povećati visinu žive u cevi... Ja sam prognozirao obilne padavine, ili još nešto što se javlja pre kometa".

Boreli je verovatno bio prvi prognostičar koji je ikada dao lošu prognozu na naučnim osnovama. Boreli je izneo sumnju da jak vetar može proizvesti tako veliki efekat. Deset godina kasnije, Boreli je prihvatio ideje Valisa. Boreli je verovao da je živa obično visoko pre duge i neprekidne kiše, ali se spušta kada kiša počne da pada.

Problemom promene barometarskog stanja bavili su se tih godina i u Kraljevskom društvu. Diskusije su bile žive u januaru 1677. godine. Robert Huk je izneo mišljenje da visoka vrednost na barometru znači da je vazduhu dodato raznih isparenja. Ovim je objasnio veliku težinu vazduha pri dugom

duvanju istočnih vetrova i njegovo olakšavanje pri duvanju južnih vetrova. U prvom slučaju vazduh prolazi preko prostranog kopna, i tako prikupi u sebe veliku količinu isparenja, koja ostaje suspendovana u njemu. U drugom slučaju, vazduh prolazi preko velike okeanske površine, koja daje manji iznos delova koji čine vazduh.

Veliki naučnik toga doba bio je Halej (1656 – 1742). Ni on nije propustio da osmatra barometarsko stanje. Na osnovu osmatranja i teorijskog iskustva, napisao je prvu formulu za promenu pritiska sa visinom. Bavio se i razmišljanjima (spekulacijama) o vezi između barometarskog stanja i tipa vremena. U radu koji je objavio 1686. godine. Halej iznosi teoriju o hidrostatičkoj ravnoteži između vazduha i vodene pare, ali i objašnjava zašto je niska vrednost na barometru pri tihom vremenu pre kiše: „Vazduh, pošto je lak, ne može više da drži suspendovanu vodenu paru, jer je specifično teža od sredine u kojoj pliva, tako da se ona spušta prema zemlji, i pri tome padu susreće se sa drugim tečnim delićima, ujedinjuju se i tako stvaraju male kapi kiše". Vidi se da on uvodi puno pojmova, od kojih su neki danas neprihvatljivi.

U zapisu iz 1690. godine, jasno je da su praktično neprekidno osmatrali barometarsko stanje, pa su mogle da se primete promene koje su se brzo desile. „Uveče, 28. novembra, gospodin de Hara je osmotrio da se živa u barometru, koja je bila visoka 28 inča, spustila za vrlo kratko vreme na 26 inča i 10 linija. Vetar je bio ekstremno jak u to vreme. Gospodin Varigon kaže da bi to moglo biti zbog toga što se vetar razdvaja i obilazi oko stuba vazduha". Očigledno se ovde bukvalno shvata tumačenje da pritisak potiče od težine stuba vazduha iznad tog mesta. Taj stub se sada posmatra kao neka čvrsta prepreka.

Ima i vrlo duhovitih poređenja, kojima se na jasan način ističe nečiji pogrešan stav o uzroku menjanja pritiska. Tako **Bernadino Ramazini** (1633 – 1714) iz Modene, u svojoj knjizi piše: „Teško je objasniti kako vazduh može biti lakši kada sadrži kišu (ili kada ona pada), a teži kada je vedro vreme. To bi bilo kao kada bi neko tvrdio da je žena teža posle rođenja svoje bebe, nego kada je bila trudna". On je promenu barometarskog stanja pokušao da objasni time što u vazduhu postoje „zemljana, slana i azotna isparenja". Pošto ona upijaju vlagu, i kao teža padaju na zemlju u vidu kiše. Time olakšavaju atmosferu. Kada je lepo vreme, ove čestice se osuše i ponovo vraćaju u atmosferu. To se naročito dešava pri severnom vetru.

Iz knjige Ramazinija se može saznati o raznim raspravama i stavovima o barometarskom stanju i vremenu. Tako navodi de Franko Tarigi, profesor iz Modene, tvrdi da „kada vodena para počinje da se kondenzuje i da pada, ona više nema težinu i nije deo vazduha". O „bestežinskom" stanju

kišnih kapi raspravljalo je i Kraljevsko društvo 1678. i 1679. godine. Ono je tek oko 1695. godine zauzelo stav da ne podržava Tortijevu teoriju.

Da bi stavovi o ovome bili razjašnjeni, Ramazini je oko 1700. godine pisao Lajbnicu, i izneo mu Tortijev problem. Posle izvesnog vremena, Lajbnic mu piše pismo iz Hanovera u kome mu opisuje eksperiment kojim bi se moglo odgovoriti na pitanje. Eksperiment je sledeći: U dublji sud sipa se voda i u nju stavi začepljena šuplja kugla od nekog teškog materijala, da pliva. Kada se rupa na kugli otvori, kugla će se napuniti vodom i potonuće na dno. Dok se kugla spušta, Lajbnic tvrdi, voda nije u ravnoteži i gubiće za to vreme deo težine. Ovaj Lajbnicov eksperiment je kasnije ocenjen kao bezvredan. Verovatno je Lajbnic mislio da kretanje kugle mehanički izaziva kompenzaciono kretanje vode naviše, i da zbog toga ona manje pritiska, i gubi deo težine. To bi, prema njemu, u atmosferskim uslovima imalo sledeći analogon: „Kada je lepo vreme, kapljice vode su tako male i raspršene u vazduhu da ne mogu da se spuštaju, kao delići butera (masnoće) u mleku pre zagrevanja. Živa počinje da se spušta nešto pre nego što dođu dole do nas". Ovde se vidi kolika je konfuzija u to vreme vladala o ovim osnovnim pitanjima, čak i kod takvih ljudi koji su imali veliku naučnu reputaciju, kao Lajbnic.

Nešto više bi trebalo kazati i o zabludama kako jak vetar utiče na barometarsko stanje. O ovome je raspravljala Pariska Akademija 1690. godine. Posle toga bilo je više različitih mišljenja o ovom pitanju. Prvo je ono što je zastupao **Pjer Varigon** (1654 – 1722). On je smatrao da jak vetar na neki način sprečava pritisak vazduha da u potpunosti deluje na živu u rezervoaru barometra. Sledeće mišljenje je bilo da brzo horizontalno kretanje umanjuje težinu tela koje se kreće. Takođe je bilo široko rasprostranjeno mišljenje da se suprotni vetrovi koji duvaju u nekoj oblasti češće sudaraju, i tako čine vazduh gušćim. Bilo je i suprotnih mišljenja, da ti sudari vetrova stvaraju umereni vakum. Na kraju, bilo je onih koji su uzimali u obzir da vazduh može da ima i uzlaznu i silaznu komponentu kretanja. U ovom pogledu poučno je pomenuti Lajbnica, koji je iz Hanovera napisao pismo 26. februara 1700. godine, nekome iz Pariske Akademije, u vezi uticaja vetra na promene barometarskog stanja. On naglašava: „Vazduh će biti pridržavan snažnim vetrom, a naročito vetrom koji se pri kretanju udaljava od zemlje, i teži da se kreće naviše". On, očigledno, ovde ne misli na konvektivna kretanja, koja u to vreme nisu bila poznata, već na vertikalnu komponentu jakog strujanja vazduha.

Tada su bili impresionirani zapaženom činjenicom da u zapadnoj Evropi, pri istočnim i severnim vetrovima, preovlađuje viši atmosferski pritisak nego pri zapadnim i južnim vetrovima. Jasan i argumentovan razlog za

to nalazimo u doktorskoj disertaciji koju je u Jeni napisao Johan Grugerus, 1701. godine. Ideja je jasna. On polazi od tada već poznate činjenice da u umerenim širinama preovlađuju zapadna strujanja. Zato kaže: „Ako vetar duva na naše područje sa severa ili istoka, ili iz oblasti između ovih, on će biti suprotstavljen stalnom vetru koji dolazi iz suprotnog smera. Prema tome, vazduh oko nas se mora nagomilavati, skupljati i bivati teži, tako da njegova težina deluje na živu da se podigne. U slučaju južnih i zapadnih vetrova, ili iz oblasti između njih, konstantni vetar se dodaje na njih, tako da će to povlačiti vazduh i razređivati ga. Vazduh postaje lakši, i živa se spušta".

Interesantno je navesti mišljenje poznatog eksperimentatora toga doba, Frensisa Hokzbija starijeg (oko 1713. godine) o oscilacijama barometarskog stanja pri jakim mahovitim vetrovima, koje sada često nazivamo „pumpanje", izazvano dinamičkim efektom vetra na pritisak u zatvorenim prostorijama u kojima se nalazi barometar. Ovo je veštački fenomen koji nema nikakve veze sa bilo čime što se dešava u slobodnoj atmosferi. Ipak, u danima sa jakim vetrom, barometarsko stanje se snižava. Hokzbi je postavio rezervoar barometra u zatvorenu kutiju i oko njega pustio da protiče jaka struja vazduha. Pritisak je počeo da opada. Mogao je da bude i suprotan efekat, da su dimenzije cevčica kroz koje je proticao vazduh bile drugačije. To je primetio **Kristijan fon Volf** (1679 – 1754). Volf ima velike zasluge u razvoju meteorologije jer je on prvi put, 1709. godine, tvrdio da vetar duva iz oblasti gde je pritisak veći, prema oblasti gde je pritisak manji.

Čovek koji se najviše trudio da objasni pomeranje stuba žive pod uticajem vetra je **de Marjan** (1678 – 1771). On je u svom nagradnom pitanju iz 1715. godine, detaljno opisao kako tela koja se kreću, uključujući i vazduh, manje pritiskaju (i lakši su) na podlogu ispod sebe, nego kada miruju. Vidi se da je bio pod uticajem antičkih mističkih stavova. Povezao je to i sa osmotrenom činjenicom da se preko tankog leda može preći ako se brzo krećemo, a da se pri tome led ne polomi. Njegove stavove je kasnije opovrgao švajcarski meteorolog **de Luk** (1727 – 1817) koji je izračunao da bi vetar od 100 km/h promenio barometarsko stanje za samo 1/244 deo jedne linije.

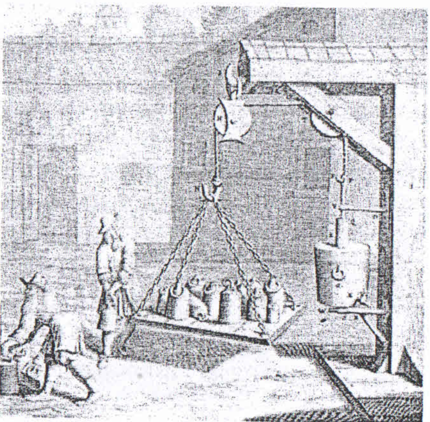
Navedimo još samo jedan „biser" iz lanca zabluda koje su pratile objašnjenja zbog čega se menja pritisak vazduha. Ova teorija polazi od toga da se barometarsko stanje može menjati samo ako se deo atmosfere gubi (apsorbuje) ili ako se atmosfera uvećava, odnosno „oslobađa". Ovu ideju je podržao **Pjer Nikola Šanžo** (1740 – 1800), koji je konstruisao jedan odličan barograf. On ističe „... da se apsorpcija i oslobađanje vazduha uglavnom vrši preko vode ili oblaka. Kada voda isparava oslobađa se mnogo vazduha. Ovo se dešava pri lepom vremenu, i zato se visina živinog stuba povećava. Kada

se stvaraju oblaci, vrši se kondenzacija, i voda vraća nazad vazduh. Zbog toga se živa spušta". Ova teorija podseća na Pristlijev stav o gorenju i disanju, ili na Kevendišovu specifičnu gravitaciju različitih gasova. Kevendiš (1731 – 1810) je tvrdio da „flogistične" pare dolaze iz zemlje pre kiše, smanjujući težinu donjeg dela atmosfere.

Da se ne bi stekla pogrešna predstava o tome da niko iz tog perioda nije razumeo prirodu promene pritiska, navedimo mišljenje velikog švajcarskog istraživača planina, **Benedikta Sosira** (1740 – 1779). On je, analizirajući male promene pritiska blizu Ekvatora, istakao „... da se pritisak menja uglavnom zbog temperature vazduha. Te promene se delimično dešavaju zbog premeštanja vazduha sa jednog mesta na drugo. Porast pritiska u Evropi pri severnim vetrovima, koji su suvi, dešava se zbog toga što hladan vazduh potiskuje onaj koji je bio iznad naših glava. Zato imamo lepo vreme i porast barometarskog stanja".

5.3.10. Snaga atmosferskog pritiska

Prvi koji je na očigledan način pokazao da atmosfera izaziva ogroman pritisak, bio je **Oto fon Gerik** (1602 – 1686). Da bi pokazao postojanje vakuma, Gerik je 1650. godine, iz drvenog bureta za vodu ispumpao vazduh, pumpom koju je konstruisao. Drveno bure nije bilo dovoljno jako i razbilo se. Zatim je ponovio eksperiment sa bakarnom kuglom, i ona se deformisala po otpočinjanju ispumpavanja. Da bi održao stvoreni vakum, morao je koristiti kuglu sa debljim zidovima.



Sl. 5.25. Gerikov eksperiment sa silom pritiska vazduha.

Oto fon Gerik (1602 – 1686)

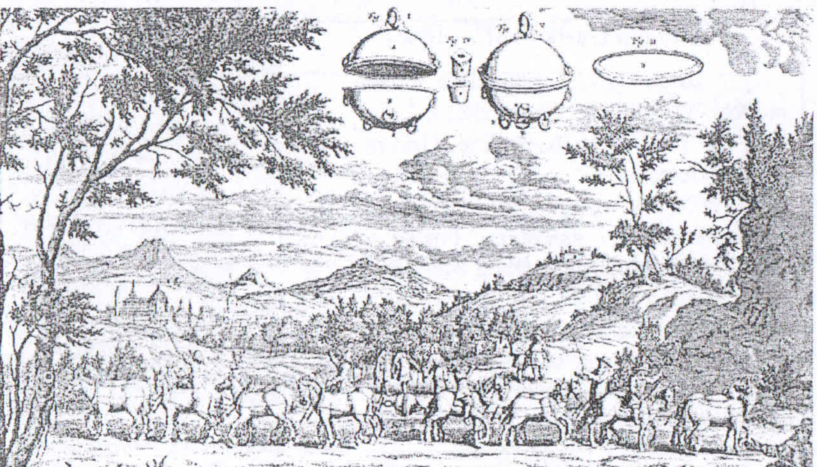


Rođen je 12. novembra u Nemačkoj. Pohađao je Univerzitet u Lajpcigu od 1617 – 1620. godine, Univerzitet u Helestu 1620, u Jeni od 1621 – 1622. godine i Lejdenu. Studirao je pravo, matematiku i građevinu. Postao je 1626. godine odbornik grada Magdeburga. Od 1618 – 1648. godine, Nemačka je prolazila kroz veliko nasilje. Vođen je tridesetogodišnji rat oko toga ko će biti kralj Bohemije, protestant ili katolik. Mada su u ratu učestvovale Francuska, Španija, Švedska i Danska, rat je uglavnom vođen na teritoriji Nemačke. Gerik je podržavao protestante i postao je intendantski general švedskog kralja Gustava Adolfa I. Sličnu dužnost je obavljao 1635. godine, kod vladara Saksonije. Gradonačelnik Magdeburga postaje 1646. godine.

Da bi izmerio atmosferski pritisak, Gerik je napravio dve bronzane polusfere. Na jednom delu je postavio ventil, koji je mogao da se zatvori i otvori. Ispumpao je vazduh iz kugle nastale spajanjem dve polusfere. Jednu polusferu je zakačio za držač učvršćen za drveni stub, sl. 5.25.

Donju polusferu je vukao naniže tegovima. Sfere se nisu rastavile. Nastavio je sa opterećenjem sve dok se nisu rastavile. Da bi pokazao snagu atmosferskog pritiska nemačkom caru Ferdinandu II, Gerik je 1657. godine ponovio eksperiment sa polusferama u Magdeburgu. Upotrebio je nekoliko konjskih zaprega da bi rastavio polusfere, sl. 5.26.

Zadivio je prisutne snagom atmosferskog pritiska. Ustvari, polukugle su držale sile gradijenta pritiska (razlika između okolnog pritiska i vakuma u kugli). Ta snaga se u savremenim uslovima iskazuje ako se slučajno otvore vrata na putničkom avionu prilikom leta. Svi putnici koji nisu dobro vezani budu isisani napolje (jer je pritisak u avionu veći nego atmosferski pritisak na visini leta).



Sl. 5.26. Magdeburški eksperiment.

5.3.11. *Zakoni o pritisku*

Prvi zakon o atmosferskom pritisku formulisao je Robert Bojl. On je sa svojim asistentom Robertom Hukom vršio niz eksperimenata odmah posle Toričelijevog eksperimenta. Ustanovili su da u vakumu pero i metalni predmet padaju jednakom brzinom i da se zvuk ne prenosi kroz njega. Otkrili su takođe da objekti ne mogu da gore u vakumu, i da životinje ne mogu da žive u njemu. Uprkos ovim činjenicama, Bojl se nikad nije javno izjasnio da vakum postoji.

Oni su eksperimentisali sa vazdušnom pumpom. Otkrili su efekat „vazdušne opruge". Naime, kada bi sabijeni vazduh pustili da se širi, primetili su da on vraća klip pumpe, kao kada je sabijena opruga. Zatim su uzeli staklenu cev u obliku slova „J", koja je bila zatvorena sa kraće strane. Kroz duži krak sipali su živu. Vazduh se u kraćem kraku sabijao na manju zapreminu što je živa bila viša u dužem kraku. Ponavljajući eksperiment za 44 položaja, došli su do zakona da je proizvod iz pritisaka i zapremine konstantan pri nepromenjenoj tempetaruri, $pV = const.$ To je poznato pod nazivom „Bojlov zakon". Te rezultate Bojl je prvi put objavio 1662. godine.

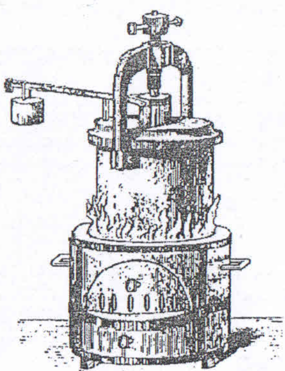
Isti zakon je nezavisno otkrio francuski sveštenik **Mariot** (1620 – 1684), tako da se taj zakon zna pod imenom „ Bojl – Mariotov zakon". **Tomas Endrju** (1813 – 1885) je prvi otkrio se da ispod određene temperature

(nazvane „kritična temperatura"), ugljen-dioksid ne ponaša po Bojlovom zakonu. Posle toga, Amdžet je izučavao ovaj problem, koristeći dugačku vertikalnu cev smeštenu u oknima rudnika uglja (da bi sprovodio eksperimente pri pritiscima većim od atmosferskog). Zaključio je da zbog toga što svaki molekul gasa ima svoju individualnu zapreminu, raspoloživi prostor za kretanje molekula mora biti manji od prostora koji zauzima vazduh. Tako je popravljen Bojl – Mariotov zakon, koji sada glasi $p(V - a) = const$, gde je a pozitivni parametar.

Engleski naučnik **Džon Dalton** (1766 – 1844) je 1801. godine formulisao zakon koji kaže da svaka komponenta iz smeše gasova izaziva jednak pritisak kao da sama zauzima ceo prostor smeše pri istoj temperaturi. Odavde sledi da je ukupni pritisak smeše gasova jednak zbiru pritisaka koji potiču od svake komponente pojedinačno.

Francuski naučnik **Denis Papin** (1647 – 1714) otkrio je da, kada se pritisak iznad neke tečnosti snižava, snižava se i njena tačka ključanja, a kada se pritisak povećava, povećava se i njena tačka ključanja. Tačka ključanja vode pri atmosferskom pritisku od 1000 mb je 100°C, dok je pri pritisku od 850 mb (što odgovara visini od oko 1500 m nadmorske visine) tačka ključanja 96°C, pri 750 mb (što odgovara visini od oko 3000 m) oko 92°C, itd.

Papin je bio naučnik, mehaničar, i pronalazač sigurnosnih ventila i parnih mašina. On je francuskom kralju, Luju XIV (1643 – 1715) predložio da koristi njegovu pumpu za vodu, kojom bi napajao Versajske fontane. Francuski ministar finansija Kulber je to odbio. Ipak, Papin je koristio njegovu mašinu za pogon brodova preko točka sa krilcima. Papin je pronašao i prvi ekspres lonac 1681. godine, koji je nazvao „digestor" (svarivač), sl. 5.27.



Sl. 5.27. Digestor.

U digestoru se povećava tačka ključanja, pa se u njemu mnogo brže kuva. Kada je posetio Englesku, 1679. godine, Papin je pripremio u svom ekspres loncu hranu za članove Kraljevskog društva. Tada je engleski kralj Čarls II (1630 – 1685), osnivač čuvene Kevendiške opservatorije, 1675. godine, naručio jedan digestor za sebe. Papin se preselio u London 1684. godine, gde je tri godine radio kao privremeni rukovodilac eksperimenata Kraljevskog društva.

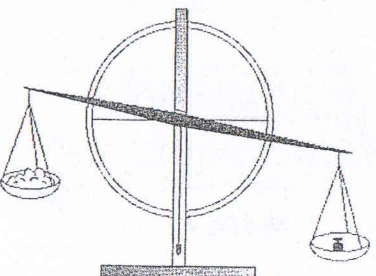
Papin je očigledno lepo primenio zakonitost koju je otkrio o zavisnosti tačke ključanja od atmosferskog pritiska (i uopšte od pritiska, proizvedenog na bilo kakav način). Međutim, ta ideja nije njegova, i nije tako „novijeg" datuma. Naime, veliki venecijanski putopisac Marko Polo je opisao 1280. godine svoje doživljaje sa putovanja kroz Vašku dolinu (Srednja Azija). „Planine su tako visoke... da sve što vidite je neobično. Vazduh je tako redak, a vatra koja gori ne daje onu toplinu kao vatra u nižim predelima. Ona nije delotvorna pri kuvanju hrane". Ovo je, koliko je poznato, prvi zapis koji pokazuje da se ključanje javlja na nižim temperaturama (vatra nije efikasna za kuvanje!) kada je atmosferski pritisak niži (vazduh je tako razređen!).

5.4. Higrometar

5.4.1. Pronalazak higrometra

Nastanak vodene pare, i njene osobine, dugo je bio sporan među naučnicima. Nije se imao pravi koncept šta je u suštini vlažnost vazduha. Ipak, to nije sprečilo pronalazak instrumenata za merenje vlažnosti vazduha znatno pre razjašnjenja koncepta vlažnosti. Nepoznavanje prirode vlažnosti vazduha, automatski je značilo da metod merenja ne može biti tačan, već je sasvim relativan. Zbog toga što nije poštovan redosled: prvo jasan koncept, pa instrumenti, instrumenti za merenje vlažnosti vazduha pronađeni su preko sto godina pre termometra.

Prvi dokument koji kazuje da se merila vlažnost vazduha za potrebe prognoze vremena na naučnoj osnovi, nalazimo u delu „Radovi", Nemca, kardinala **Nikole Kuze** (1401 – 1464). U tom radu je zapisao: „... ako stavimo smotuljak suve vune na jedan kraj balans vage, a na drugi kraj kamenje, da bismo napravili ravnotežu među njima pri normalnom vremenu (in loco ed aere temperato), videćemo da će vuna biti teža kada je vazduh vlažniji, nego kada je suvlji. Onaj ko uzme u obzir ovu razliku, imaće mnogo tačniji zaključak u vezi buduće promene vremena". Debalans u težini se mogao pokazati na kružnoj skali vage, sl. 5.28. Ovakvi higrometri su upotrebljavani sve do početka XVIII veka.

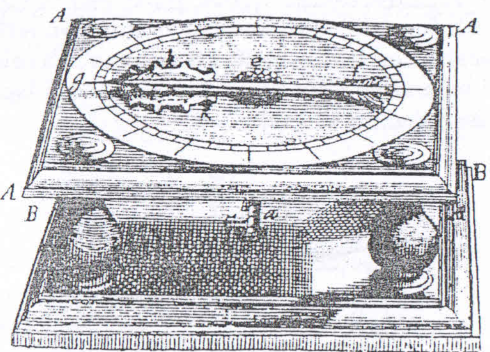


Sl. 5.28. Balans higrometar.

Ovde bi trebalo napomenuti da su ovakvi higrometri bili poznati mnogo, mnogo ranije. Kinezi su dve hiljade godina pre nove ere koristili drveni ugalj kao apsorbent vlage iz vazduha. Iz razlike u težini uglja izračunavali su sadržaj vlage.

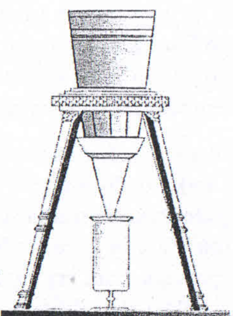
Balans higrometar je opisao i Leonardo da Vinči, u svom dnevniku od 1483. do 1486. godine. Umesto vune on je predlagao upotrebu pamuka. Od tog vremena, bilo je mnogo pokušaja da se iskoriste higroskopne osobine raznih materijala. Venecijanski lekar **Santorio Santorini** (1561 – 1636) je koristio upredenu nit od životinjskih creva (ovčijih ili mačijih) za pokazivanje vlažnosti vazduha. Nit (oputa, špaga) bi se opuštala pri većoj vlažnosti vazduha. Talentovani eksperimentator, Robert Huk, pokazao se uspešan u ovoj oblasti. Konstruisao je higrometar sa dlakom. Opisao ga je u svojoj „Mikrografiji" iz 1665. godine. Kao prijemni deo koristio je dlake od brade divokoze. Skup dlaka se upredao i ispravljao u zavisnosti od vlažnosti vazduha. To upredanje se prenosilo preko kazaljke na kružni pokazivač, sl. 5.29.

Akademija del Cimento je koristila higrometar sa uzicom, napravljenom od upredenih uskih traka ovčijih creva. Jedan kraj uzice dugačke oko pet metara pričvršćen je jednim krajem za neki oslonac, a drugi deo je prebačen preko pokretnog kotura. Za kraj je vezan jedan teg. Istezanje i skupljanje uzice se pokazivalo na uspravnoj skali iza tega, ili na kružnoj skali postavljenoj iza kotura na kome se nalazi skazaljka. Slične higrometre je opisao i francuski naučnik Mersen, 1644. godine.



Sl. 5.29. Hukov higrometar.

Daleko značajniju naučnu vrednost ima kondenzacioni higrometar koji je 1655. godine konstruisao veliki vojvoda od Toskane, Ferdinand II, za potrebe Akademije del Cimento. Instrument se sastoji od prevrnute kupaste posude postavljene na tronožac. Ispod vrha kupe postavljena je čaša, sl. 5.30. U kupasti sud stavljao se led. Na spoljašnjim zidovima suda bi se javljala kondenzacija. Kapi bi se slivale i skupljale u čaši. Prema originalnom zapisu od 27. avgusta 1655. godine, vidi se da se sa ovog uređaja, postavljenog u podrumu Ferdinandove palate, kondenzovalo (slilo u čašu) 9 do 10 kapi vode u minuti. Drugi instrument koji je bio postavljen u Velikoj sali „proizvodio“ je 11 do 13 kapi u minuti. Malo je verovatno da je podrum suvlji od Velike sale. Očigledno, pored vlage, na kondenzaciju znatno utiče temperatura sredine (odnosno razlika temperature leda i okoline). To je neka prethodnica onog instrumenta koji se danas zove „apsolutni higrometar“. Ovim „mostra umidaria“ (indikatorom vlažnosti), pokazano je da su u Firenci južni i zapadni vetrovi (koji dolaze sa mora) vlažniji nego severni i istočni.



Sl. 5.30. Kondenzacioni higrometar.

Postoje neki dokazi da je **Kristofer Vren** (1632 – 1723), dizajner poznate londonske katedrale Svetog Pavla, koristio kondenzacioni higrometar u Engleskoj. Amontan je 1687. godine konstruisao higrometar koji se sastoji iz jedne lopte, sašivene od kože (kao današnja fudbalska lopta) i cevi uvučene u loptu. Zapremina lopte se menjala u zavisnosti od vlažnosti vazduha, pa se tečnost iz nje podizala ili spuštala niz cev.

Svi ovi instrumenti su bili indikatori vlage u vazduhu. Naučne tačnosti nije bilo mnogo u svemu ovome, sve dok se ovim nije počeo baviti proslavljeni nemački matematičar **Johan Henrih Lambert** (1728 – 1777), sl. 5.31.



Sl. 5.31. Johan Henrih Lambert.

On se intenzivno bavio izučavanjem osobina higrometra i prvi je tom instrumentu dao naziv higrometar. Reč je kovanica, sastavljena od grčkih reči „hygros“ (vlažnost), i „metron“ (meriti). Svoja istraživanja o merenju vlažnosti objavio je 1774. godine, u radu „Suite de L' Essai d' Hygrometrie“.

Lambert je izvršio dosta merenja, i uvek je nastojao da rezultate prikaže matematički. Pronašao je empirijski zakon promene vlažnosti u toku godine, kao i u toku dana. Odredio je promene za tri mesta: Berlin, Sagan i Vitemberg. On je takođe pronašao vezu između dnevnog i godišnjeg hoda vlažnosti i temperature. Hodove je izrazio odgovarajućim jednačinama u funkciji visine Sunca. On je bio prvi naučnik koji je meteorološke podatke prikazivao u vidu grafikona, a ne u obliku tabele. To je predstavljalo fundamen-

talni napredak u načinu analiziranja meteoroloških podataka, jer je lakše uočavanje načina njihovog merenja. Lambert se bavio merenjima i drugih meteoroloških veličina, kao što su pritisak, vetar, itd.

Švajcarac Deluk (ili de Luk) je bio aktivan u razvoju higrometra. Objavio je, između 1773 – 1791. godine, više radova u časpoisu „Phylosophical Transactions". U njemu ističe da bi dobar higrometar trebalo da zadovolji tri zahteva: da ima fiksirane tačke na higrometarskoj skali; da koristi standardizovanu skalu; da jednakim razmacima na skali odgovara jednaka promena vlažnosti. On predlaže da se fiksne tačke na skali određuju prema najvećoj vlažnosti. U radu objavljenom 1773. godine, daje opis instrumenta koji se sastoji od živinog termometra sa rezervoarom u obliku cilindra, izrađenim od slonove kosti. Cilindar je visok oko 2,5 cm, a širok oko 0,7 cm. Zidovi su dosta tanki. Zapremina cilindra se menja zbog vlažnosti, što uslovljava podizanje i spuštanje žive u higrometarskoj cevi. Sličan higrometar su koristili u Majnhamskom društvu. Ovi higrometri nisu opstali do današnjih dana. Deluk je 1781. godine konstruisao higrometar koji je koristio kost od kita kao reaktivnu materiju.



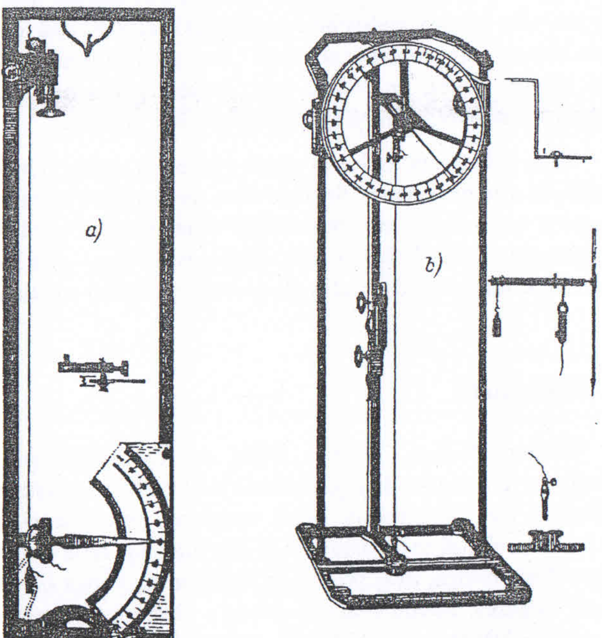
Horac Benedikt Sosir
(1740 – 1799)

Rođen je u Ženevi, gde je postao profesor filozofije u 22. godini. Na početku ga je zanimala biologija, da bi odmah celog sebe posvetio geologiji i meteorologiji Alpa. Alpi su mu naročito privukli pažnju. Bio je prvi veliki naučnik planinar. Osmatranja koja je vršio krećući se po Alpima, dala su mu snažan podsticaj da konstruiše brojne instrumente, ili da unapredi postojeće. Najočigledniji primer toga je higrometar sa čovečijom vlasi, koji je opisao u radu „Essais sur l' hygrométrie" (Rasprava o higrometru). Njegova najobimnija knjiga je „Voyage dans les Alpes..." (Putovanje po Alpima), u kojoj opisuje najveći deo svojih naučnih otkrića u Alpima. Nema sumnje da mu je ogroman uloženi napor skratio život. Umro je u 59. godini, posle osam godina narušenog zdravlja. On može da posluži kao primer nesebičnog naučnog radnika.

5.4.2. Higrometri sa kosom

Između 1780. i 1830. godine, konstruisano je mnogo higrometara. Jedan od njih je našao najširu primenu do današnjih dana. To je higrometar sa ljudskom kosom. Gle čuda, kasnije je utvrđeno, da je najbolje koristiti kosu prirodne plavuše! Pronalazač ovog higrometra je švajcarski prirodnjak **Benedikt Sosir** (1740 – 1799).

Merenjem je utvrdio da se ljudska kosa, koja je oslobođena masnoće i drugih nečistoća, isteže (produžuje) kada upija vlagu, i skuplja (skraćuje) kada se suši. Promena dužine, od stanja kada je najvlažnija (kada je postignuto zasićenje) do stanja kada je potpuno suva, iznosi 2,4%. Pronašao je da je kosa koja je prokuvana u rastvoru sode mnogo osteljivija i stabilnija kao indikator vlažnosti. Uveo je podelu higrometarske skale na sto jednakih delova između stanja potpunog zasićenja (higrometar se stavlja u prostor gde voda ključa, i prekrije se mokrom krpom) i potpuno suvog vazduha. Na sl. 5.32 su prikazana dva oblika njegovog higrometra.



***Sl. 5.32.** Dva modela Sosirovog higrometra sa kosom:*
a) sa lučnom skalom; b) sa kružnom skalom.

Sosir je sprovodio eksperimente vrlo pažljivo. Određivao je temperaturne korekcije na pokazivanje higrometra. Analizirao je uticaj širenja i skupljanja vazduha. Znajući za stav Volte, da je atmosfera u gornjem delu uglavnom sastavljena od vodonika, a u donjem delu od ugljen-dioksida, Sosir je ispitivao ponašanje higrometra u takvim eksperimentalnim uslovima.

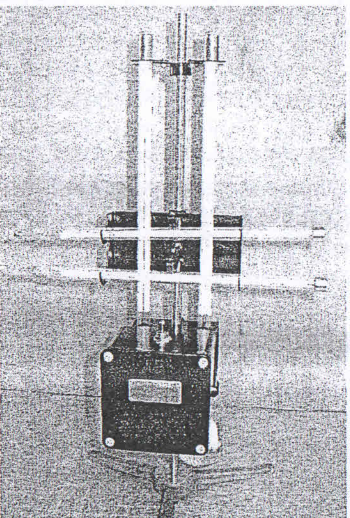
U vezi diskusija koje su se vodile o uticaju vodene pare na promenu barometarskog stanja, Sosir je u svom delu „Rasprava o higrometriji", napisao sledeće: „Uzeo sam veliku staklenu kuglu u kojoj je bio zasićen vazduh sa 16°R (Reomirove skale). Odstranio sam gotovo svu vodenu paru iz kugle. Zbog toga se pritisak u kugli smanjio samo za 1/84. To znači da, ako bi cela atmosfera prošla od potpunog zasićenja do stanja da je potpuno suva, što se, naravno, ne dešava, sniženje živinog stuba bi bilo samo 1/2 pariskog inča". Kada ovaj stav poredimo sa sadašnjim znanjem o uzroku menjanja pritiska, onda možemo samo da se divimo njegovim doprinosima.

Uz zdrav rezon, preciznost eksperimentisanja, širinu rasuđivanja i veliku posvećenost poslu, ovde bi trebalo istaći još jednu njegovu karakternu osobinu. Sosir je u iznošenju svojih stavova bio krajnje umeren. Ničiji suprotan stav nije bahato, nadmeno i ignorantski stavljao pod noge. Evo jednog primera kako je izlagao svoje stavove: „Bez pretenzije da nađem kompletno rešenje takvog teškog problema, koji su tako veliki naučnici pokušali da reše, ja ću se zadovoljiti predlogom nekih opštih stavova...".

Tada je koncept zasićene vodene pare bio poznat, ali pojam relativne vlažnosti još nije bio poznat. Sosir je znao da promena dužine kose nije proporcionalna samo sa promenom sadržaja vodene pare u vazduhu, već zavisi i od temperature. Ove okolnosti su kasnije navele Gej – Lisaka i Augusta da nađu novi (psihrometrijski) način za merenje vlažnosti vazduha.

5.4.3. Psihrometri

Vilijam Kulen (1710 – 1790), profesor medicine u Edinburgu, zapazio je da termometar koji je prethodno bio umočen u alkohol (to su radili medicinari radi dezinfekcije posle upotrebe) pokazuje nižu temperaturu. Kulen je bio prvi koji je objasnio da se ovo hlađenje dešava zbog isparavanja sa njega. Posle ovoga, ovaj princip je korišćen kao nova metoda za merenje vlažnosti vazduha, metod pomoću suvog i vlažnog termometra. U avgustu 1822. godine, **Džejms Aivori** (1765 – 1842) je pokazao da se relativna vlažnost može meriti pomoću dva ista termometra, od kojih je jednom nakvašen rezervoar. To su tzv. suvi i mokri termometri. On je izveo i približnu formulu za relativnu vlažnost, izraženu pomoću temperatura suvog i mokrog termometra i atmosferskog pritiska. Tri godine kasnije, nemački naučnik **Ernest Ferdinand August** (1795 – 1842) dobio je sličan rezultat. On je par suvog i mokrog termometra nazvao psihrometar (od grčke reči „psihos" (hladno), i „metron" – (merenje)), sl. 5.33.



Sl. 5.33. Augustov psihrometar sa minimalnim i maksimalnim termometrom.

Kasnije je uvedeno provetravanje oko rezervoara mokrog termometra, da bi se pospešilo isparavanje vode sa krpice kojom je obavijen rezervoar.

Prvi koji je uveo ventiliranje mokrog termometra je Velš, direktor poznate Kju opservatorije u Engleskoj. On je to uradio 1852. godine. Nažalost, meteorolozi nisu uvideli značaj principa ventilacije, pa taj metod nije šire prihvaćen. Tek oko 1880. godine, zahvaljujući poznatom aerologu **Asmanu** (1846 – 1928) uvedena je u široku upotrebu ventilacija. Taj par termometara je nazvan „ventilacioni higrometar". Asman je oko 1891. godine koristio centrifugalni fen sa oprugom. Sprung je kasnije izračunao psihrometarsku konstantu. Ventilacioni higrometar je široko prihvaćen i koristi se u celom svetu do današnjeg dana.

Profesor koledža u Parizu, **Henri Režnol** (1810 – 1878) je 1854. godine uveo higrometar tačke rose. Taj instrument se sastojao od tanko izglačanog srebrnog naprstka (čašice) u koji se stavlja rezervoar termometra. Pored termometra u čašicu se spušta jedna uska cev koja je gornjim krajem spojena

sa ventilatorom. U čašicu se sipa neka isparljiva tečnost. Kada se uključi ventilator, kroz tečnost prolaze mehurići. Tečnost isparava i hladi se. Vrlo brzo se temperatura spusti dovoljno nisko da se pojavi rosa. Temperatura koju bi tada trebalo pročitati, naziva se temperatura tačke rose. Iz te temperature i drugih veličina može se izračunati relativna vlažnost vazduha.

5.5. Kišomer

Kišomer je najjednostavniji meteorološki instrument, i njegova istorija seže u mnogo dalju prošlost nego termometra ili barometra. Prva merenja količine padavina vršena su na Orijentu, gde je hiljadama godina život i napredak zavisio od pravovremenih i dovoljnih količina padavina. Najstariji zapisi o tome potiču iz Indije, i nalaze se u delu „Arthasastra" (Naučna politika). Autor je Čankoja, ministar Čandragupta, vladar koji je uspeo svojim autoritetom da ujedini Indiju od 321. do 296. godine p.n.e. On je ustanovio administrativni sistem. U poglavlju čiji je naziv „Upravljanje poljoprivredom", Čankoja piše: „Količina kiše koja padne u oblasti Džangole je 16 drona, upola manje nego u oblasti Anupanam; 13,1/2 drona u oblasti Asmaka; 23 drona u Avanti i ogromna količina u oblasti Aparantan... Kada jedna trećina sakupljenih padavina padne u početnom i krajnjem mesecu kišne sezone, i dve trećine u sredini, onda se smatra da su padavine vrlo ujednačene". Imena provincija su iz toga perioda. Jangala je suva oblast, Asmaka je u južnoj Indiji, a Avanti i Aparantan su na zapadu. Drona je mera za zapreminu u staroj Indiji. Iz svega se vidi da su pre oko 2300 godina postojala stalna merenja količina padavina u celoj Indiji. Čankoja u tom delu daje i mnogo drugih interesantnih informacija. U zavisnosti da li su količine padavina veće ili manje, on ističe koje je biljke pogodno gajiti u pojedinim oblastima.

Druga oblast u kojoj su se merile padavine u antičko doba je Palestina. Pisani dokumenti govore da su u toj oblasti u prvom veku naše ere sveštenici merili količinu padavina pomoću specijalnih posuda. Izmerene količine su se izražavale u „tofahima", ili „tefahima", antičkoj meri za dužinu, koja je iznosila oko 9 cm. Dakle, merila se, kao što se to radi sada, visina sloja vode. Prema podacima se vidi da je u prolećnim mesecima u Palestini padalo 6 tofaha padavina (oko 54 cm). To je nešto više nego u današnje vreme. Sada od januara do aprila padne od 40 – 43 cm padavina. Ova merenja su jevrejski sveštenici koristili da bi prognozirali rodnost godine, kakva će biti žetva.

I u Kini su odavno vršena merenja padavina. U njihovim „Matematičkim raspravama" iz XII i XIII veka (za vreme dinastije Sung) govori se o proračunima količine padavina, merenih kišomerima. Za vreme Ming dinastije, 1424. godine, svaki region je morao slati izveštaje o količini padavina. Kišomeri kojima se vršilo merenje padavina bili su u obliku cilindra visine 48 cm i prečnika 22,5 cm. Merenja padavina u Kini su nastavljena, i vršila su se sve do početka XVIII veka. Za sada se ne zna gde se nalaze ti podaci. Dubina snega se u planinskim oblastima Kine merila pomoću bambusovih štapova više vekova pre nove ere.

Otprilike u isto vreme počelo se sa merenjem padavina u Koreji. U istorijskim analima je zapisano da je oko 1443. godine car Sejo imao uređaj za merenje količine padavina. Uređaj se sastojao od bronzanih posuda dubine 30 cm i prečnika 14 cm. Posuda je bila postavljena na stubu. Svaki put kad bi pala kiša, zadužena osoba je morala izvršiti merenje, i o tome obavestiti cara. Nažalost, nisu sačuvani podaci o izvršenim merenjima. Postoje podaci o kišomerima koji su se koristili u Koreji sredinom XVIII veka. Kišomer je bio visok 32 cm i prečnika oko 25 cm.

Savremeni kišomer potiče od Galilejevog učenika **Benedeta Kastelija** (1577 – 1643). Kasteli je počeo sa merenjem padavina u Peruđi 1639. godine. Priča se da je Kasteli konstruisao kišomer gledajući jedanput kako posle kiše naglo raste nivo jezera Trasimeno.

U francuskom gradu Dižonu merene su padavine pomoću kišomera šezdesetih i sedamdesetih godina XVII veka. Ime osmatrača nije poznato. Gornji deo instrumenta je bio u obliku kvadrata. Voda se skupljala u cilindrični sud. Kišomer je bio postavljen na specijalno postavljenom držaču visine 1 m ipred prozora. Reklo bi se da to nije bilo neko reprezentativno mesto za merenje. Ova merenja je koristio Mariot kada je analizirao kretanje površinskih voda.

Najstariji kišomer u Engleskoj potiče od ser Kristofera Vrena. On je 1662. godine koristio praznu posudu za vodu za merenje kiše. Petnaest godina kasnije (1677) Ričard Glounli je konstruisao kišomer u obliku levka, poluprečnika 14 inča, koji je crevom bio spojen sa posudom gde je merena težina sakupljene kišnice. To je bio balans kišomer. On je vršio merenja od 1677. do 1703. godine. Robert Huk je 1695. godine konstruisao sličan kišomer (ombrometar). Taj tip kišomera je korišćen za merenje padavina na Grešamovom koledžu u Londonu. Kasnije ga je prepravio u ombrograf, instrument koji zapisuje podatke o količini padavina.

Bilo je puno kišomera i mernih mesta za padavine. Iz podataka se pokušala naći neka zakonitost o padavinama. Merenja su pokazala da se ko-

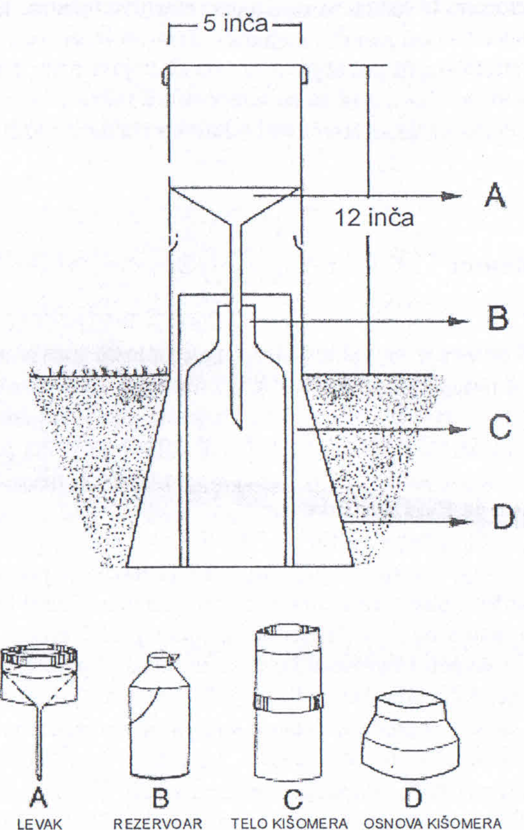
ličina padavina povećava kada se ide prema vrhu planine. To je mnoge navodilo na pogrešan stav o tome kako nastaje kiša. O ovome će se govoriti u jednom od narednih poglavlja o padavinama i oblacima. Da bi dokazao da se iznad ravnog terena padavine smanjuju sa visinom, **Vilijam Heberden** stariji (1710 – 1801) je uzeo tri ista kišomera. Jedan je postavio u dvorištu kuće, drugi iznad najvišeg dimnjaka kuće, a treći na krovu Vestminsterske opatije. Postavljeni su tako da toranj nije zaklanjao ostale. Merenje je sproveo cele godine, od jula 1766. do juna 1767. godine. Podaci su pokazali da je bio izrazit porast količine padavina od vrha kuće prema tlu. Ukupno izmerene padavine u tom periodu na krovu tornja iznosile su 12 099 inča, na krovu kuće 18 139, i u dvorištu kuće 22 608 inča. Ovo su uzimali kao dokaz da kišne kapi nastaju slivanjem (sjedinjavanjem) više sitnijih kapi na putu padanja prema tlu.

Detaljna poređenja količina padavina izmerenih u Petrogradu na Glavnoj geofizičkoj opservatoriji izvršio je Vild. On je vršio merenje na 1, 2, 3, 4, 5 i 25 m visine. Našao je da je promena sa visinom veća zimi nego leti.

Ovakva promena se mogla objasniti stavom **Bendžamina Frenklina** (1706 – 1790) i kasnije **Vilhelma Dovea** (1803 – 1879). Oni su smatrali da hladne kapi prilikom padanja podstiču vodenu paru da se na njima kondenzuje, i zato rastu padajući prema tlu. Ovo objašnjenje je bilo nedovoljno precizno. Po ovome bi polovina padavina bila stvorena ispod oblaka, blizu tla. Oni su precenili doprinos kondenzacije rastu kišnih kapi, a zanemarili su uvećanje kapi zbog prikupljanja. Leti se, čak, ispod baze oblaka ne javlja kondenzacija na kapima, već kapi isparavaju.

I drugi su vršili slična merenja padavina sa visinom. Rezultati su bili slični, ali su tumačenja bila različita. Da bi pokazao zašto se padavine menjaju sa visinom, Houard je u Londonu 1812. godine izveo naizgled apsurdan eksperiment. Postavio je dva kišomera na istoj visini krova jedne zgrade, ali je jedan postavio na zapadnu, a drugi na istočnu stranu krova. Našao je da vrtlozi vazduha koji se javljaju znatno utiču na prihvat padavina u kišomer. I Stivenson je to proverom utvrdio, 1842. godine (sl. 5. 34). Našao je da se pri jakom vetru količine padavina na istoj visini mnogo razlikuju, dok se pri tihom vremenu te razlike ne uočavaju.

Iz svih analiza merenja postalo je jasno da se prijemni deo kišomera mora promeniti, zaštititi od odnošenja kapi kiše i snežnih pahuljica sa vetrom. To odnošenje sa prijemnog dela je jače izraženo kod pahuljica snega. Vild je, vršeći eksperimente između 1878. i 1879. godine, predložio da se u prijemni deo kišomera postave krstaste pregrade, koje bi sprečile odnošenje delića padavina. Pokušaj se nije pokazao naročito uspešan.



Sl. 5.34. Sastavni delovi engleskih kišomera sa menzurom. Dužine su u inčima (1 inč ≈ 2,5 cm).

U isto vreme kao Vild, u Americi je 1879. godine Frensis Naifer, profesor univerziteta u St. Luisu, pokušao da reši uočeni nedostatak kod kišomera. Oko prijemnog dela kišomera je postavio koncentrični zaštitni prsten, koji je bio udaljen od oboda kišomera 0,5 inča. Istovremeno su vršena merenja sa takvim i običnim kišomerom na raznim visinama. Eksperiment je pokazao da su sa novim kišomerom padavine bile veće za 6%, na visini merenja od 2 m, dok je to povećanje iznosilo 18 – 50% na visini od 300 m.

Ovaj zaštitni prsten je ugrađivan naročito na posebne kišomere, kojim se mere padavine u dužem periodu (sezoni), u nepristupačnijim planinskim oblastima. On se naziva totalizator.

5.6. Merenje vetra

5.6.1. Prvi vetrokazi vremenoše

Videli smo da su još u antičkoj Grčkoj i za vreme Rimske imperije uvedene ruže vetra. Prva osmatranja, koja su izvršena u okviru Fiorentinske mreže merenja, koriste ružu vetra, ali su vetrovima iz određenih smerova davana popularna imena: tranmontana, grekale, levante, široko, libecio itd. Takođe su razlikovali vetar u prizemlju (nazivajući ga „donji vetar“) i vetar na visini (tzv. „gornji vetar“). Metod identifikacije vetra preko pravca iz koga duva, nalazimo kod učenog monaha Alkumna (735 – 804). Njegova ruža vetrova, slično grčkoj, ima dvanaest osnovnih smerova. Teško je utvrditi kada je i kako uvedena ruža od osam smerova, koja se sada koristi. Zna se da je široko korišćena do XVI veka. Lok (1666) i drugi su je koristili u prvim sistematskim merenjima vetra u Engleskoj.

Vetrokaz sa pokazivačem smera vetra je jedan od najstarijih meteoroloških instrumenata. Mada nema posebnog naziva za njega u grčko – rimskoj literaturi, Livi (59. godina p.n.e. – 17. n.e.) navodi da je indikator vetra postojao u mnogim italijanskim gradovima. Verovatno su preneti sa istoka, iz Anadolije ili Sirije. U vrlo davnoj prošlosti Kinezi i Japanci su pravili vetrokaze u obliku zmajeva.

U istoriji Han dinastije (23 – 220) se navodi: „... U prvoj godini Jang – ča (132. godine) Čang Čijen je razdelio instrumente za zabeležavanje vetra i vibracija zemlje“. Tu nema opisa ovih prvih uređaja. U „Šang Fu Huan Tu“ je zapisano: „... južno od ulaza u palatu Čang – an ima kula... i na njoj stoje bakarne ptice koje se okreću po vetru“. U Evropi je bio običaj da se na tornjeve visokih građevina postavljaju vetrokazi, od kojih neki, izvanredne izrade, potiču iz ranog srednjeg veka.

Biskup Rampert je bio prvi koji je postavio vetrokaz na toranj crkve u Brikenu (Tirol), 820. godine. Ponekad su takvi vetrokazi izrađivani u obliku petla, simbolizujući budnost crkve nad dušama umrlih. Često su nazivani „pevci za vreme“, ili, lepše bi bilo reći, pevac vremenoša. Jer, on pokazuje kakvo nas vreme očekuje, s obzirom da se tradicionalno za određeni vetar vezivao određeni tip vremena. Te vremenoše su bile tada, a i danas su, prava tehnološka čuda. Na primer, najveći vetrokaz na svetu se nalazi na tornju katedrale Giralda u Sevilji, izrađen u XV veku. Visok je 6 m i težak 1250 kg. Uprkos njegovoj glomaznosti, on je vrlo osetljiv i precizno prati promene vetra. Seviljani su mu nadenuli nadimak „verni Giraldini“.

Vetrokaz u obliku instrumenta za tačno merenje vetra konstruisao je italijanski astronom Ignacio Danti († 1586. godine). On ga je zvao „anemoskop“. Opisao ga je 1578. godine. Krilo za pravac je bilo u vidu zastave (barjaka) i bilo je spojeno sa vertikalnom osovinom. Izgleda da je imao veliko trenje, pa tačnost merenja nije bila zadovoljavajuća.

5.6.2. Merenje brzine vetra – Istorija Boforove skale

Krilo za pravac vetra uglavnom nije više zahtevalo neke posebne dorade, već su se naučnici posvetili pronalaženju metoda za merenje brzine vetra. Jedna od najstarijih procena brzine vetra potiče od poznatog matematičara **Đirolama Kardana** (1501 – 1576). On je pretpostavio da za vreme snažnih oluja vetar duva brzinom od oko 45 m/s (rastojanje od 50 „pasa“ pređe za vreme od jednog pulsa – otkucaja srca). Mariot je procenio znatno manju brzinu, od oko 10 m/s. Deržan je 1705. godine, posmatrajući kretanje snežnih pahuljica, zaključio da su brzine vetra za vreme oluje od 22 do 27 m/s.

Približne procene brzine vetra su vršene i za vreme prvih organizovanih meteoroloških merenja. Prvu skalu brzine sa četiri kategorije brzine uvelo je Englesko kraljevsko društvo oko 1655. godine. Skalu za brzinu je opisao Lok 1666. god, na sledeći način: „Sila vetra je označena sa 0, 1, 2, 3 ili 4. Nula znači da je vetar tako slab da se pri njemu ne pokreće lišće na drveću; sa 1 se označava blagi povetarac koji pokreće samo listove na biljkama; 4 označava vrlo jak vetar, a 2 i 3 predstavljaju brzine između 1 i 4. Ove brzine se ne određuju tačno, kako ja mislim, ali bolje je nego ništa“.

Sličnu skalu za brzinu od četiri intervala uvelo je Manhajmsko društvo 1781. godine. Boforova skala, koja se i danas koristi, uvedena je 1838. godine.

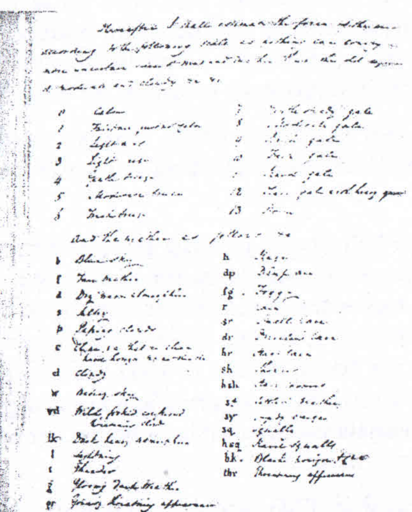
Uvođenje jedinstvene precizne skale za brzinu vetra postalo je nužnost. Naročito su osetili potrebu za tim moreplovci. Krajem XVIII i početkom XIX veka mornarica je već bila vrlo razvijena. Trgovački brodovi su plovili morima, tražeći nove rute. Moreplovci su želeli da izbegnu vremenske neizvesnosti i na starim rutama. Brodski dnevnici sa ranijih putovanja bili su im od slabe koristi. Sve o vremenu je u njima neprecizno zabeležavano. Naročito je nedostajala precizna skala za brzinu, jer na moru nema objekata kao na kopnu: trave, lišća, drveća itd.

U Engleskoj je 1703. godine publikovano delo ‚Istorijski pregled velikih oluja vetra“. U njemu se nalazi opisna skala brzina nepoznatog auto-

ra, od trinaest karakteristika brzina, počevši od potpune tišine, mirnog vremena, pa redom do olujnog vremena i bure. Autor i sam navodi da je procena snage vetra relativna, i u izvesnoj meri zavisi od čvrstoće i građe broda.

Precizniju procenu snage vetra, bez upotrebe instrumenata, uveo je engleski admiral, ser **Frensis Bofor** (1774 – 1857). U 13. godini on je bio kabinski radnik u Engleskoj mornarici, da bi 1805. godine postao komandir broda „Woolwich". Njime je vršio hidrografska osmatranja istočnog Mediterana od 1809. do 1812. godine. Bofor je 1812. godine ozbiljno ranjen u jednom susretu sa gusarima. Tad je penzionisan i povučen iz aktivne službe na moru. Od 1814. godine bio je član Kraljevskog društva, a između 1829. i 1859. godine, obavljao je posao hidrografa mornarice.

Bofor je vodio meteorološke dnevnike od 1790. godine, najpre u obliku kratkih komentara i opisa opštih karakteristika vremena, a kasnije redovnih dvosatnih meteoroloških osmatranja. U njegovim dnevnicima su bile zapisane i prognoze vremena. I po napuštanju broda, Bofor je vršio redovna osmatranja i vođenje dnevnika o vremenu, sve do svoje smrti. Na putovanju u januaru 1806. godine. Bofor je prvi put dao svoju skalu vetra i vremena, uz napomenu: „Od sada ću procenjivati snagu vetra prema sledećoj skali, jer ništa nije o vetru i vremenu neodređenije, nego iskazi kao *umeren vetar*, ili *oblačno vreme*,". Njegova skala je polazila od 0 (mirno) i završavala se sa 13 (oluja), (sl. 5.35). Bofor je 1807. godine uneo neke izmene, tako je pored nule imala još 12 stepeni.

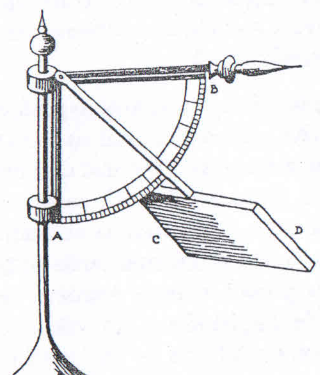


Sl. 5.35. Original Boforove skale iz 1806. godine.

Sve do 1838. godine, Boforovu skalu je koristio samo on u svom dnevniku. Čak i sam je nije koristio u zvaničnim brodskim dnevnicima. Engleski admiralitet je 1838. godine uveo Boforovu skalu u redovnu upotrebu u mornarici. To je predstavljalo veliki korak u razvoju meteoroloških istraživanja. Jer, sada je ogroman broj podataka sakupljenih sa raznih brodova, na jedinstven i precizan način mogao da se koristi za analize. U naredne dve decenije, širom sveta su korišćene različite skale. Na Prvoj međunarodnoj meteorološkoj konferenciji održanoj u Briselu, 1853. godine, odlučeno je da se u ovoj oblasti uvede jedinstveni sistem. Stalni Komitet na Prvom međunarodnom meteorološkom kongresu, održanom u Utrehtu, 1874. godine, odobrio je da se Boforova skala koristi u međunarodnim meteorološkim depešama (telegramima). Uz male izmene, ta skala je odobrena od Svetske meteorološke organizacije, osnovane u Ženevi, 1951. godine. Skala je preračunata u brzine izražene u m/s, odnosno km/h. To se vidi u tabeli 5.1.

Prvi instrument za merenje brzine vetra opisao je, oko 1450. godine italijanski matematičar Leon Batista Alberti. Opisao ga je u raspravi „O zadovoljstvima matematike", kao vetrokaz „koji ima malu ploču obešenu za kraj osovine vetrokaza". Vetrokaz pomera ploču tako da je uvek izložena vetru. Ispod pokretnog dela ploče nalazi se luk sa skalom koja pokazuje odstupanja ploče od vertikale. Očigledno da je Leonardo da Vinči opisao sličan instrument oko 1500. godine. Njemu se često pripisuje da je pronalazač anemometra. Ali, kao što se vidi, to nije tačno.

Anemometar takve vrste konstruisao je Robert Huk 1667. godine, sl. 5.36. Instrument je vrlo praktičan, i zbog toga se koristio preko sto godina, dok u devetnaestom veku nije zamenjen anemometrom sa poluloptama i cevima koje rade na principu promene pritiska u zavisnosti od brzine vetra.

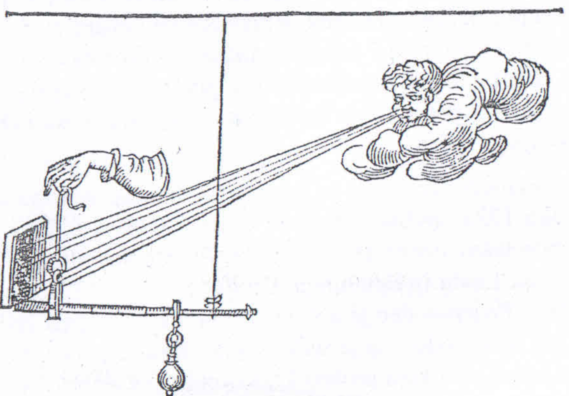


Sl. 5.36. Hukov anemometar.

Tabela 5.1. Boforova skala sa opisima.

Broj po Boforu	Naziv vetra prema WMO iz 1964. g.	m/s	km/h	Opis pojava na kopnu	Opis pojava na moru
0	Tišina	0 – 0,2	<1	Dim se diže uspravno	More kao ogledalo
1	Lak povetarac	0,3 – 1,5	1 – 5	Pravac vetra se zapaža po kretanju dima, a ne po vetrokazu	Stvaraju se nabori, ali bez ikakve pene
2	Povetarac	1,6 – 3,3	6 – 11	Vetar se oseća na licu	Mali talasi, još kratki ali izrazitiji
3	Slab vetar	3,4 – 5,4	12 – 19	Lišće i grančice stalno se klate; razvijaju se lake zastave	Vrlo mali talasi; kreste počinju da se lome; pena staklastog izgleda; ponekad razbacani „beli mačići"
4	Umeren vetar	5,5 – 7,9	20 – 28	Vetar uzdiže prašinu i listove hartije; pokreće male grane	Mali talasi koji postaju duži, „beli mačići" česti
5	Umereno jak vetar	8,0 – 10,7	29 – 38	Tanja lisnata stabla počinju da se ljuljaju; obrazuju se mali talasi za krestama na kopnenim vodama	Umereni talasi koji dobijaju jasnije izdužen oblik
6	Jak vetar	10.8 – 13,8	39 – 49	Pokreću se velike grane; čuje se zujanje telegrafskih žica; otežana upotreba kišobrana	Veliki talasi počinju da se stvaraju; kreste bele pene su svuda rasprostranjene
7	Vrlo jak vetar	13.9 – 17.1	50 – 61	Celo drveće se ljulja; hodanje uz vetar otežano	More raste; bela pena koja nastaje iz talasa koji se lome, počinje da se izdužuje u pruge niz vetar
8	Olujni vetar	17,2 – 20,7	62 – 74	Vetar lomi grane na drveću; hodanje protiv vetra je, uopšte uzev, nemoguće	Umereno visoki talasi velike dužine; od rubova kresta počinju da se otkidaju vrtlozi morskih kapljica
9	Oluja	20,8 – 24,4	75 – 88	Nastaju laka oštećenja na zgradama (otkidanje oluka, rušenje dimnjaka i skidanje crepa)	Visoki talasi; debele pruge pene niz vetar; kreste talasa počinju da se ljuljaju i razbijaju u valjkove
10	Žestoka oluja	24,5 – 28,4	89 – 102	Retko se javlja u unutrašnjosti kopna; čupa drveće iz zemlje; nastaju velike štete na zgradama	Vrlo visoki talasi sa dugim krestama u vidu perjanica; proizvedena pena u velikim komadima izdužuje se u debele bele brazde niz vetar; vidljivost smanjena
11	Orkanska oluja	28,5 – 32,6	103 – 117	Vrlo retka pojava, praćena razaranjima velikih razmera	Izvanredno visoki talasi (brodovi male i srednje veličine mogu se povremeno gubiti iz vida)
12	Orkan	32,7 – 36,9	118 – 133	—	Vazduh je pun pene i magle od morskih kapljica; more je potpuno belo usled magle od morskih kapljica

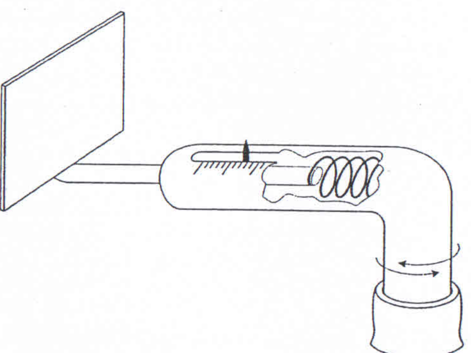
Profesor medicine u Padovi, Santorio Santorini je 1625. godine konstruisao instrument koji se može nazvati balans anemometar, sl. 5.37.



Sl. 5.37. Šema Santorinijevog anemometra.

Pritisak vetra na vertikalnu ploču koja je pričvršćena za kraj kantara uravnotežuje se pomeranjem tega po standardnoj skali za merenje težine. Vezom pričvršćenom na drugom kraku vage, uravnotežuje se ceo uređaj, dok se ne uspostavi balans između jačine vetra i tega. Očigledno da nije bilo lako meriti ovim instrumentom, naročito ako je vetar, kakav obično jeste, mahovit.

Santorinijev koncept je iskoristio Pjer Bužer pri konstrukciji anemometra za merenje brzine na moru, sl. 5.38.



Sl. 5.38. Bužerov anemometar.

Sastoji se od kvadratne ploče pričvršćene popreko za jednu osovinu. Za drugi kraj osovine pričvršćena je opruga koja ulazi u horizontalni krak cevi savijene pod uglom od 90°. Vertikalni deo cevi se navlači na pričvršćenu vertikalnu osovinu, oko koje može da se okreće. Ploča se postavlja uvek normalno na pravac duvanja vetra, a razvlačenje opruge zavisi od brzine vetra. Sa gornje strane opruge nalazi se uzdužni prorez na cevi, kroz koji klizi pokazivač (šiljak). Šiljak je pričvršćen za pokretni kraj opruge. Ovaj instrument je očigledno pogodan za transportovanje i može da izdrži jake oluje koje se javljaju na moru.

Anemometar koji radi na principu zavisnosti pritiska od brzine prvi je opisao oko 1721. godine francuski dvorski sveštenik, Pjer Danijel Kset. Međutim, prvi takav instrument koji je korišćen u meteorolgiji potiče od naučnika Džemsa Linda iz Edinburga. On ga je opisao 1775. godine i nazvao „merač vetra". Prijemni deo je u vidu U cevi u koju se sipa voda. U oba kraka cevi je isti nivo vode, i to je nulto stanje. Kad se jedan krak cevi poveže sa horizontalnom cevi koja prolazi kroz osovinu za pravac vetra, onda će se pojaviti razlika u visini vode u U cevi. Što je veća brzina vetra, veća je razlika u visini. Ova razlika se prenosi na pokazivač brzine. Ovakav prijemni deo za merenje brzine ugrađuje se i u instrumente koji zapisuju (registruju) smer i brzinu vetra, i nazivaju se anemografi.

Glava

6 POČECI METEOROLOŠKIH MERENJA I OSMATRANJA

6.1. Uvod

Pronalaskom osnovnih meteororloških instrumenata, otpočinju kvantitativna merenja. To je doprinelo značajnom napretku u razvoju meteorologije u XVII veku, u odnosu na dotadašnji period u kome su se vršila samo vizuelna meteorološka osmatranja. U tom instrumentalnom periodu razlikujemo dve faze razvoja. Prva faza je vezana za merenja koja su se vršila individualno, u pojedinim mestima, bez postojanja bilo kakve međusobne komunikacije. Druga faza je vezana za koordinirana merenja u više mesta. To je faza uspostavljanja meteorološke merne mreže stanica.

Ipak, prvi korak u sakupljanju meteoroloških podataka predstavljaju podaci dobijeni osmatranjem vremena. Osmatranja nesumnjivo datiraju iz samih početaka civilizacije. Ali, ona sistematska i pažljivo vršena osmatranja potiču od starih Grka, iz V veka p.n.e. Ta osmatranja su morala biti sistematski vršena jer kako bi, npr. Teofrast formulisao empirijska pravila prognoze vremena. Antička osmatranja vremena su uglavnom bila vezana za opis neba (oblačno, kišno, vedro itd.) smera vetra, toplo, hladno itd. Padavine su nesumnjivo bile najranije osmatrane.

Meteorološka osmatranja u prošlosti nikada nisu kompletno zamirala, ali je bilo perioda kada su prekidana. Rimski istoričari su u njihovim godišnjacima znatan prostor posvetili atmosferskim fenomenima. Kroz srednji vek, te hronike su bile kompletnije, a naročito su poboljšana osmatranja početkom XIII veka. Prema Helmanu, prvi čovek na Zapadu koji je vršio svakodnevna meteorološka osmatranja bio je Englez Vilijam Merl, član Merton koledža. On je svakodnevno vodio meteorološki dnevnik. Ova osmatranja su vršena u Oksfordu, od 1337 – 1344. godine. Drugi primeri meteoroloških izveštaja nađeni su u rukopisima u univezitetskoj biblioteci u Bazelu, za period od 1399 – 1406. godine. Forma takvih izveštaja je kao što ćemo navesti za 5. septembar 1399. godine: AM (pre podne) lepo i vedro; PM (posle podne) oblačno i vruće; posle zalaska Sunca, mračni oblaci sa svetlucanjem i slabom grmljavinom; u toku noći jaka kiša".

U XVI i XVII veku, evropski naučnici posvećuju veliku pažnju meteorološkim osmatranjima. Tako, nemački matematičar i astronom, **Johan Verner** (1468 – 1528) vršio je neprekidna meteorloška osmatranja od 1513. do 1520. godine. **Tiho Brahe** (1546 – 1601) je vršio redovna osmatranja vremena u Skandinaviji između 1582 – 1598. godine. Nemački astronom i matematičar **Johan Kepler** (1571 – 1630) otpočeo je da vodi svoj dnevnik o vremenu 1600. godine i nije ga prekidao do kraja života. On je takođe počeo da vrši redovna meteorološka osmatranja u Pragu od 1604. godine.

6.2. Počeci meteoroloških merenja

Većina vodećih naučnika XVII veka, uz osmatranja počinje da vrši i redovna meteorološka merenja, instrumentima koji su se upravo pronalazili. Tako je Galilej sa svojim prijateljima otpočeo meriti temperaturu vazduha 1613. godine. Rene Dekart je, uprkos svojoj tvrdoglavosti u pogledu koncepta funkcionisanja atmosfere, doprineo napretku saznanja o pojedinim pojavama i naporima da se pronađu i unaprede meteorološki instrumenti.

Prva meteorološka merenja u Evropi, instrumentima uključujući i barometar, otpočela su u Parizu, Klermon-Feranu i Stokholmu, između 1649. i 1651. godine. Dekart je ta merenja vršio u Stokholmu, zajedno sa francuskim ambasadorom u Švedskoj, Šanutom. Dekart je zapisao: „U Stokholmu je zabeležen ekstremno visok pritisak od 28 inča i 7 linija, 8. decembra 1649. godine. Toga dana bilo je vrlo hladno". Ili: „6. maja (Đurđev dan) 1650. godine, bilo je 26 inča i 4,3/4 linija, kada je bilo umereno vreme i oblačno sa jugozapadnim vetrom".

U Parizu su prva redovna merenja otpočela na predlog Paskala. To se vidi iz zapisa njegovog zeta Perijea: „... pošto sam izvršio merenja na Pi de Domu, ... gospodin Paskal me je informisao u Klermon-Feranu, gde sam živeo, da se pritisak ne menja samo od mesta do mesta, već da se u istom mestu menja. Promena vremena menja nivo žive u cevi. Dizanje ili spuštanje žive će zavisiti od toga da li je više ili manje hladno ili toplo, suvo ili vlažno..." Na preporuku Paskala, Perije je otpočeo sa dnevnim merenjima nivoa žive od početka 1649. godine, i vršio ih je do kraja marta 1651. godine. Jedan njegov prijatelj je otpočeo merenje pritiska u Parizu, 1. avgusta 1649. godine i vršio ih je do marta 1651. godine.

Prva dugotrajnija merenja u Parizu su nastavljena nešto kasnije. Prvi osmatrač je bio **Ismail Buljio**, poznati astronom koji je podržao Kopernikovu teoriju. Buljio je vodio meteorološki dnevnik od maja 1658. do septembra 1660. godine. Njegova osmatranja, koja je vršio u ulici Serpent, bila su kao u tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Deo iz Buljiovog dnevnika meteoroloških merenja i osmatranja.

	Datum u maju	Vreme	Stepeni	
♄*	25	podne	25	sunce, oblaci, umereno toplo
⊙	26	jutro	22½	u 8 AM kiša, oblaci, sunce, istočni vetar
☽	27	—	25	topla kiša, južni vetar
♂	28	—	21½	hladna kiša, severni vetar
☿	29	podne	25	vedro, zapadni vetar
		noć	21½	
♃	30	posle podne	22	vedro, sunce
		psle podne	26	
♀	31	podne	27	sunce, oblaci, južni vetar, toplo, kiša u 9 PM

Znaci u prvom redu tabele su označavali: * znak za Saturn, ♄ subota, ⊙ Sunce, ☽ Mesec, itd.

Posle Buljioa, osmatranja i merenja je nastavio da vrši poznati matematičar i astronom **de la Haer** (1640 – 1718). Da bi se upoznao sa merenjima temperature, on je otputovao u Firencu. Osmatranja i merenja vršio je na Pariskoj astronomskoj opservatoriji od 1664. do 1672. godine. Posle njegove smrti, merenje temperature su nastavili Žak Kasini i njegov sin Cezar.

Od 1732 – 1740. godine, sistematska merenja temperature je nastavio da vrši **Reomir** (1683 – 1757). On je tada isticao probleme koji se pojavljuju prilikom merenja temperature. Tako navodi da je potrebno da termometri imaju jednaku skalu. Pored ovoga, merenje bi trebalo da se vrši „na mestu gde je termometar izložen okolnom vazduhu. Mesto za termometar trebalo bi da je sa severne strane, tako da ga nikad Sunce direktno ne greje. Takođe ne bi trebalo da postoji blizu zid koji može da reflektuje sunčeve zrake. Za poređenje temperature mora se znati da li se merenje vrši na prvom, drugom ili trećem spratu".

Prva tačna merenja padavina su otpočela takođe u Francuskoj, ali nisu vršena na Pariskoj opservatoriji. Merenja je vršio **Pjer Perot**, brat poznatog arhitekte Kloda i pisca Čarlsa Perota. On je otpočeo sa merenjima u Parizu, oktobra 1668. i vršio ih je do januara 1674. godine. Našao je da su srednje godišnje količine padavina u Parizu 19 inča (oko 514 mm, sadašnji srednjak je oko 575 mm).

Kasnije su ta merenja padavina nastavljena od 1688. do 1717. godine, da bi se obezbedilo snabdevanje rezervoara za vodu odakle se snabdevao Versajski dvorac. Interesantno je porediti te količine padavina sa onima koje su merene kasnije. Podaci su prikazani u tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Srednje padavine u Parizu (u mm) u dva perioda.

Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje
1668 – 1717.	31	31	34	31	40	45	55	66	50	50	44	34	511
1806 – 1885.	42	39	33	36	42	51	54	51	49	53	52	50	552

Kraljevsko društvo u Londonu je odigralo značajnu ulogu u razvoju meteorologije u XVII veku. Posebno veliki doprinos su dali njeni članovi Huk i Bojl. Ovi naučnici su iznosili stavove da bi meteorološka merenja i osmatranja trebalo da se sprovode zbog psihogeografskih opisa nekog područja, ili kako je Bojl napisao „zbog istorije prirode date oblasti". Dakle, oni su još tada bili svesni da su meteorološki podaci osnovno obeležje prirode i čoveka. U XVII veku bilo je mnogo članaka o meteorološkim merenjima i osmatranjima, koje su vršili Veil, Valis, Hajgens u časopisu Društva „Phylosophical Transactions".

Huk je napisao specijalni priručnik za meteorološka osmatranja. Na sl. 6.1. prikazan je jedan primer osmatranja urađenih po njegovom uputstvu. U drugoj koloni se nalaze astrološki znaci (izgledi meseca, znaci zodijaka, itd.) Jačina vetra je procenjivana na osnovu skale od četiri intenziteta. Stanje

neba i druge najznačajnije pojave su vrlo pažljivo beležili. U poslednjoj koloni se prikazivao detaljan mesečni pregled vremena.

The Form of a *Scheme.*

Which at one view repreſents to the Eye Obſervations of the Weather, for a whole Month, may be ſuch, as follows.

Days of the Month, and place of the Sun	*Remarkable hours.*	*Age and Sign of the Moon at Noon.*	*The Quarters of the Wind, and its ſtrength.*	*The Faces or viſible appearances of the Sky.*	*The Notableſt Effects*	*General Deductions.*
June 14 ♊ 12.46′	4 / 8 / 12 / 4 / 8 / 12	27 / ♉ 9. 46 / *Perigeum*	W - - - 2 / - - - 3 / - - - 3 / - - - / WSW 1	Clearblue, but yellowiſh in the *N E.* Clouded toward the *South.* Checkered blue.	A greatDew. Thunder far to the S. A very great Tyde.	Theſe are to be made after the ſide is filled with Obſervations, as From the laſt Quarter of the Moon to the Change, the weather was very temperate, but for the Seaſon, cold; the Wind pretty conſtant between *N.* and *W.* &c.
15 ♊ 13.40′	8 / 4 / 6 / 12	28 / ♉ 24. 51	N W 3 / 4 / N 2 / 1	A clear sky all day, but a little checker'd about 4 *P. M.* At Sun-ſet red and hazy.	Not by much ſo big a Tyde as yeſterday. A great Thunder-Showre from the *N.*	
16 ♊ 14.57 &c.	10	*New Moon* ♋ 7. 25 *A. M.* ♊ 10.8 &c.	S 1 &c.	Overcaſt and very lowring, &c.	No dew upon the ground, but very much upon Marble-ſtones, &c.	

Sl. 6.1. Hukov obrazac osmatranja vremena.

Iz obrasca se vidi da nisu bila predviđena osmatranja u određenim terminima, već onda kada se nešto tokom dana značajno desilo. Kopije ovog obrasca su bile poslate ljudima koji su bili zainteresovani da vrše osmatranje. Ovo je predstavljalo prekretnicu u smislu uvođenja reda u način zabeležavanja osmotrenih pojava. U ovom smislu, Huk se može nazvati ocem moderne meteorologije.

Prva instrumentalna merenja u Nemačkoj vršena su na Jezuitskom koledžu u Osnabriku, oko 1654. godine, kada su dobili termometar iz Firence radi paralelnih merenja. Početkom 1679. godine, **Rajer** (1635 – 1714)

otpočeo je, na predlog Lajbnica, sa redovnim merenjima temperature i pritiska u Kilu. Rezultati merenja nisu sačuvani. Međutim, sačuvani su podaci merenja koje je nešto kasnije vršio **Kamerari** (1665 – 1721), profesor botanike u Tibigenu. Merenje je započeo početkom 1691. godine. Podaci su publikovani u „Tübingen Meteorological Ephemerides".

Instrumentalna merenja u Rusiji su počela između 1720. i 1730. godine. Prva merenja su vršena u komandi tajnih poslova, u vremenu Alekseja Mihailoviča. Merenja su vršili čuvari u Kremlju. Međutim, poznato je da su ranije, oko 1689. godine, postojala tri živina barometra sa bakarnom skalom, u kući V. Golicina (čiji je član porodice bila poznata Sarevna Sofija Aleksejevna). Oni su, izgleda, služili samo kao ukrasni predmeti kuće. U Petrogradu merenja je 1722. godine vršio admiral K. Kruis, po ličnoj naredbi Petra I. U naredbi od 28. februara 1722. godine, stoji: „Njegovo Veličanstvo naređuje vašoj Ekselenciji da vodite tačan dnevnik vremena i vetra i da ovde šaljete nedeljne izveštaje". „Ovde" se odnosi na Moskvu, gde je, u to doba, živeo Petar I. Neki primerci tih izveštaja su sačuvani. Sadržaj je bio sledećeg tipa: „21. april, nedelja. Ujutru jak vetar iz jugoistoka i kiša; sredinom dana isto; uveče jugoistočni i jugo – jugoistočni vetar; u toku noći zapadni vetar i jak zapadni – severozapadni; voda tokom cele noći dve stope iznad normale. 22. april, ponedeljak. Ujutru severozapadni vetar; voda kao što je prethodno navedeno. Oblačno i hladno…, u podne slab severozapadni vetar i kiša posle podne. Lepo i mirno vreme do pred zoru". Ovi izveštaji se odnose na 1722. godinu. Ovakvi izveštaji postoje od aprila do avgusta 1722. godine. Ne zna se da li su i dalje vođeni ovakvi izveštaji.

Prva instrumentalna merenja u Rusiji, kratko vreme, od 24. decembra 1724. do 23. juna 1725. godine, vodio je engleski sveštenik u Petrogradu, Tomas Konset. Deo merenja je prikazan u engleskom časopisu „Phylosophical transaction" (vol. XXXVIII, 1733. g.).

U glavnoj geofizičkoj opservatoriji se čuvaju izveštaji nepoznatog autora koji je počeo sa merenjima 1. decembra 1725. godine. U dnevnicima su beležena redovna merenja temperature vazduha, pritisak, pravac i brzina vetra, oblačnost, hidrometeori, plavljenja i zaleđenost reka. Do marta, merenja su vršena dva puta, a posle toga tri puta dnevno. Izveštaji su prvo pisani na nemačkom jeziku, da bi se od 1728. godine vodili na latinskom. U njima ima puno jezičkih grešaka.

Usputna merenja u mnogim mestima Rusije vršio je od 1731. do 1780. godine **Johan Lerke**, vojni lekar. Lerke je na mnoga svoja putovanja po Rusiji, do Persije i Besarabije, nosio sa sobom Farenhajtov termometar i živin barometar. Gde god je boravio, vršio je tri puta dnevno merenja i

osmatranja. Pored merenja temperature, pritiska, vlažnosti i drugih osmotrenih pojava, on je beležio fenološke faze razvoja biljaka, zaleđivanje i topljenje leda na rekama, nailazak raznih epidemija i sl. Vetar je beležio prema četvorostepenoj skali jačine, kojoj je dodado i petu, za razorne oluje. Njegovi kompletni dnevnici za period od 31 godine (do 1761. godine) su sačuvani. Iz kasnijeg perioda, neki podaci su izgubljeni. Lerke je, pored mnogih mesta u Rusiji, vršio prva instrumentalna merenja u Moskvi, 13. septembra 1731. do 15. februara 1732. godine. Duža merenja u Moskvi (od 1. oktobra 1779. do kraja 1784. godine) vršio je Engel, dopisni član Akademije nauka. Njegova osmatranja od 1783. do 1784. godine, publikovana su u zborniku „Ephemerides", časopisu Manhajmskog društva.

Interesantno je navesti merenja koja su vršili verovatno zauvek najkvalifikovaniji ljudi. Naime, za potrebe ruske Akademije nauka, merenja je vršio od 1726. do 1743. godine akademik **Kraft**, od 1743 – 1768. akademik **Braun**, a od 1769. do 1800. godine **Ojler**, sin poznatog matematičara. Podaci iz tih merenja, nažalost, nisu sačuvani, dnevnici osmatranja su izgubljeni. Ostali su samo neki zaključci, rezimei i neke srednje vrednosti.

Na dalekom istoku Rusije, prva instrumentalna merenja su vršena u Ohocku, u periodu od 1785 – 1795. godine. Dnevnici merenja se čuvaju u Hidrografskom institutu. Beleženi su podaci o temperaturi, oblačnosti, hidrometeorima, olujama, polarnoj svetlosti, datumu otapanja i leđenja reke Ohock.

U Americi, prva merenja su otpočela u Brazilu (mesto nepoznato). Merenja je vršio holandski lekar **Margraf**, između 1640. i 1642. godine. Nešto kasnije, počinju merenja u Novoj Švedskoj, blizu današnjeg Vilminktona. Merenja je vršio ministar **Kampanis**, tokom 1644. i 1645. godine. Izvod iz Margrafovih merenja publikovan je 1658. godine u „On the Nature of India". Kratak opis merenja u Novoj Švedskoj, publikovao je Kampanisov sinovac, u Stokholmu, 1702. godine.

Džon Lining, rođen u Škotskoj, otpočeo je merenja u Čarlstonu, Južna Karolina, gde je živeo. Temperaturu vazduha je počeo meriti 1730. a pritisak 1738. godine. Razloge zbog kojih je počeo merenja izneo je u pismu koje je poslao Kraljevskom društvu u Londonu. U pismu od 22. juna 1741. godine, on piše: „… Prvi razlog zbog koga sam krenuo ovim putem jeste što sam eksperimentalno hteo da utvrdim kako različite sezone utiču na čovekov organizam, i da ustanovim neka znanja o nastanku epidemija". On dalje daje detaljan opis instrumenta kojima je merio i mesta gde su postavljeni. Merenja je vršio ujutru, u tri sata posle podne i kada se vreme pogoršavalo. Merio je temperaturu i pritisak, vlažnost vazduha (higroskopom), količinu padavina i oblačnost. Lining je vršio merenja do 1750. godine. Posle njega, merenja je

vršio njegov kolega, lekar **Čalmers**, sve do 1759. godine.

Na Harvardskom koledžu, merenja je počeo da obavlja matematičar **Vintrop**, 1742. godine. Merenja je vršio ujutru i uveče, sve do 1763. godine. Merio je i maksimalne i minimalne temperature pomoću termometara koji su bili postavljeni na severnoj strani kuće. Srednje temperature iz tog perioda su bile nešto niže nego što su danas. Između 1770. i 1780. godine, otpočinju meteorološka merenja u mnogim mestima u SAD (Bradford, Nju Haven, Salem i Njujork). Prva merenja u Kvebeku (Kanada) počela su 1765. godine.

6.3. Prve mreže meteoroloških stanica

Videli smo da su velika naučna imena bila uključena u pronalaženje meteoroloških instrumenata. Ti najpoznatiji ljudi toga vremena su bili nosioci meteoroloških merenja. Uprkos tome što su sve umne snage bile angažovane na merenju i tumačenju tih merenja, ili zahvaljujući njihovom angažovanju, uočeno je da bi trebalo da se nešto kvalitetno novo uradi. Trebalo je vršiti paralelna merenja u puno mesta iznad široke oblasti. Pojedinačna merenja, ma kako bila kvalitetna, nisu mogla doprineti daljem napretku meteorologije. Zbog toga su se najuticajniji ljudi trudili da se uspostave organizovana merenja u više tačaka, tj. da se organizuju mreže meteoroloških stanica.

6.3.1. Merna mreža Akademije del Cimento

U XVII veku ulažu se napori da se osnuje neka vrsta međunarodne mreže mesta u kojima se vrše meteorološka merenja. Prva takva mreža uspostavljena je 1654. godine u srednjoj Italiji, u okviru društva poznatog pod imenom „Academia del Cimento". Pokroviteljstvo nad tim velikim poduhvatom preuzeo je vojvoda od Toskane, **Ferdinand II** i njegov brat **Leopold**. Redovna meteorološka osmatranja i merenja organizovao je sekretar Društva jezuita, Antinori.

Mrežu stanica (koja se naziva i Firenčanska mreža) sačinjavale su stanice u: Firenci, Valombrosi, Kutiđianu i Parizu, sl. 6.2. Merenja u ovoj mreži vršena su svakodnevno, sa velikom pažnjom, više puta dnevno. Tako, u Firenci su vršena merenja pet puta dnevno. Temperature su merene sa dva termometra, jednim, okrenutim prema severu i drugim, okrenutim prema ju-

gu. Barometarsko stanje je očitavano, nažalost, još uvek na različitim skalama. Merena je vlažnost vazduha. Zabeležavano je stanje neba, smer vetra itd. Sva osmatranja i merenja su beležena u iste obrasce (formulare). Ti izveštaji su slani Društvu, radi poređenja podataka.



Sl. 6.2. Merne mreže Akademije del Cimento (podvučene) i Manhajmskog društva.

Nažalost, Društvo je 14. jula 1667. godine, nakon desetogodišnjeg postojanja, prestalo sa radom. Razlozi nisu bili stručne prirode. Akademija je prestala da radi kad je Leopold postao kardinal katoličke crkve. Izgleda da je Leopold postao kardinal pod uslovom da raspusti Društvo koje je svojim pravilnim shvatanjem mesta nauke bilo vrlo neugodno za crkvu. Jedan član ove Akademije, Antonio Oliva, dospeo je u „kandže" strašne inkvizicije, pa je izvršio samoubistvo, da bi se spasao mučenja.

6.3.2. Prvi pokušaji osnivanja merne mreže u Francuskoj i Nemačkoj

Francuska Akademija nauka, odmah po osnivanju, 1666. godine, otpočela je sa meteorološkim merenjem na svojoj Opservatoriji u Parizu. Akademija je od 1688. godine zaduživala po jednog svog člana da vrši sistematska merenja, uključujući pritisak, temperaturu, padavine i pojave.

vršio njegov kolega, lekar **Čalmers**, sve do 1759. godine.

Na Harvardskom koledžu, merenja je počeo da obavlja matematičar **Vintrop**, 1742. godine. Merenja je vršio ujutru i uveče, sve do 1763. godine. Merio je i maksimalne i minimalne temperature pomoću termometara koji su bili postavljeni na severnoj strani kuće. Srednje temperature iz tog perioda su bile nešto niže nego što su danas. Između 1770. i 1780. godine, otpočinju meteorološka merenja u mnogim mestima u SAD (Bradford, Nju Haven, Salem i Njujork). Prva merenja u Kvebeku (Kanada) počela su 1765. godine.

6.3. Prve mreže meteoroloških stanica

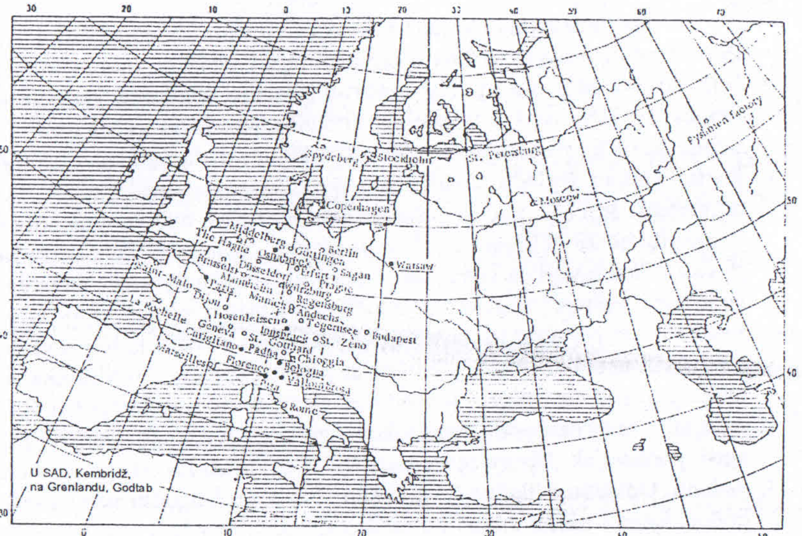
Videli smo da su velika naučna imena bila uključena u pronalaženje meteoroloških instrumenata. Ti najpoznatiji ljudi toga vremena su bili nosioci meteoroloških merenja. Uprkos tome što su sve umne snage bile angažovane na merenju i tumačenju tih merenja, ili zahvaljujući njihovom angažovanju, uočeno je da bi trebalo da se nešto kvalitetno novo uradi. Trebalo je vršiti paralelna merenja u puno mesta iznad široke oblasti. Pojedinačna merenja, ma kako bila kvalitetna, nisu mogla doprineti daljem napretku meteorologije. Zbog toga su se najuticajniji ljudi trudili da se uspostave organizovana merenja u više tačaka, tj. da se organizuju mreže meteoroloških stanica.

6.3.1. Merna mreža Akademije del Cimento

U XVII veku ulažu se napori da se osnuje neka vrsta međunarodne mreže mesta u kojima se vrše meteorološka merenja. Prva takva mreža uspostavljena je 1654. godine u srednjoj Italiji, u okviru društva poznatog pod imenom „Academia del Cimento“. Pokroviteljstvo nad tim velikim poduhvatom preuzeo je vojvoda od Toskane, **Ferdinand II** i njegov brat **Leopold**. Redovna meteorološka osmatranja i merenja organizovao je sekretar Društva jezuita, Antinori.

Mrežu stanica (koja se naziva i Firenčanska mreža) sačinjavale su stanice u: Firenci, Valombrosi, Kutiđianu i Parizu, sl. 6.2. Merenja u ovoj mreži vršena su svakodnevno, sa velikom pažnjom, više puta dnevno. Tako, u Firenci su vršena merenja pet puta dnevno. Temperature su merene sa dva termometra, jednim, okrenutim prema severu i drugim, okrenutim prema ju-

gu. Barometarsko stanje je očitavano, nažalost, još uvek na različitim skalama. Merena je vlažnost vazduha. Zabeležavano je stanje neba, smer vetra itd. Sva osmatranja i merenja su beležena u iste obrasce (formulare). Ti izveštaji su slani Društvu, radi poređenja podataka.



Sl. 6.2. Merne mreže Akademije del Cimento (podvučene) i Manhajmskog društva.

Nažalost, Društvo je 14. jula 1667. godine, nakon desetogodišnjeg postojanja, prestalo sa radom. Razlozi nisu bili stručne prirode. Akademija je prestala da radi kad je Leopold postao kardinal katoličke crkve. Izgleda da je Leopold postao kardinal pod uslovom da raspusti Društvo koje je svojim pravilnim shvatanjem mesta nauke bilo vrlo neugodno za crkvu. Jedan član ove Akademije, Antonio Oliva, dospeo je u „kandže“ strašne inkvizicije, pa je izvršio samoubistvo, da bi se spasao mučenja.

6.3.2. Prvi pokušaji osnivanja merne mreže u Francuskoj i Nemačkoj

Francuska Akademija nauka, odmah po osnivanju, 1666. godine, otpočela je sa meteorološkim merenjem na svojoj Opservatoriji u Parizu. Akademija je od 1688. godine zaduživala po jednog svog člana da vrši sistematska merenja, uključujući pritisak, temperaturu, padavine i pojave.

Osmotreni podaci su publikovani u godišnjim izveštajima Akademije. Akademija nije uspela da organizuje merenja u više mesta (bilo je nekih merenja u Dižonu i još ponegde) ali je značaj te institucije bio veliki, zbog pažnje prema vrednosti merenja.

U Nemačkoj je lekar Johan Kanold 1717. godine pokušao da organizuje međunarodnu mrežu merenja. On je uspeo da sakupi merenja iz nekoliko mesta u Nemačkoj, kao i iz inostranstva. Sakupljene izveštaje sistematizovao je i štampao u časopisu „Breslauer Sammlung“. Časopis je izlazio četvoromesečno, od 1717. godine, u narednih deset godina. Tada se napori za osnivanje međunarodne merne mreže sele u Englesku.

6.3.3. *Merna mreža Kraljevskog društva Engleske*

Videli smo da je Robert Huk 1663. godine napisao uputstvo kako bi trebalo vršiti meteorološka merenja. Znatno kasnije, 1723. godine, sekretar Kraljevskog društva, Džems Džurin, je pozvao sve osmatrače koji su imali opremu i bili voljni da pripreme i pošalju Društvu godišnje izveštaje svojih dnevnih osmatranja i merenja. U pozivu je Džurin priložio uputstvo kako bi merenja trebalo da se vrše. Prema uputstvu, merenja je trebalo vršiti najmanje jednom dnevno i da obuhvate temperaturu, pritisak, smer i brzinu vetra, količinu kiše, odnosno snega između dva merenja i stanje neba. Barometarsko stanje je posebno trebalo očitavati za vreme jakih oluja, označavajući stanje pred početak oluje i po njenom završetku. Osmatranja i merenja su upisivana u dnevnik koji je imao šest kolona u koje je trebalo upisati: datum i čas osmatranja, barometarsko stanje, temperaturu, smer i snagu vetra (sa skalom od nula (mirno) do 4 – najjači vetar, detaljan ali kratak opis vremena i količinu kiše ili snega (u inčima ili 1/10 inča)). Trebalo je izvesti i srednje mesečne i godišnje vrednosti. Jednu kopiju njihovih dnevnika trebalo je poslati jednom godišnje sekretaru Društva. Sekretar je vršio međusobno poređenje podataka. Sakupljeni podaci su štampani jedanput godišnje u časopisu Društva „Philosophical Transaction“.

Društvo je uživalo veliki ugled u naučnom svetu, tako da su se na Džurinov poziv mnogi odazvali. To je zaista postao prvi pravi međunarodni centar za prikupljanje podataka. U narednih nekoliko godina, počev od 1724, kopije izveštaja su slali u London, iz tako poznatih mesta kao što su: Upsala iz Švedske, Abo iz Finske, Napulj, Rim, iz Indije, Severne Amerike, itd.

Među onima koji su se odazvali pozivu, bio je i američki matematičar **Isak Grinvud** (1702 – 1745). On je 1728. godine predložio Džurinu da

bi trebalo proširiti kopnenu mrežu stanica, ali i da se uključe osmatranja na mnogobrojnim brodovima. U tome je video veliku korist, kako za meteorologiju, tako i za pomorsku navigaciju. Iz tako prikupljenih izveštaja mogla su se steći znanja o preovlađujućim vetrovima na raznim širinama i u različitim mesecima godine, uključujući sezonu kada su harikeni vrlo aktivni, sl. 6.3.

Honoured Sir, Boston N England. May 1. 1727

The Occasion of this Letter to You from One so little known by You, & of so obscure a Name is ye Indisposition of ye Reverend Dr Cotton Mather who would otherwise have wrote Himself.

The Doctor has been for a long Time endeavouring to engage his Friends in making Meteorological Observations that Our Country might not be ye most backward in following Your ingenious *Invitatio*, but ye unskillfulness of Some, & ye Business of others have I think hitherto prevented his Design, excepting only that He has so far prevailed upon an Ingenious Tradesman of this Town Mr Feveryear by Name, by presenting him with a Barometer, & some other things as to obtain ye Inclosed Observations.

My Charge from ye Doctor at present is, to acquaint You that ye Character of ye Author of these Observations is such that You may depend upon ye accuracy of them, and tho' there are Some few things admitted as for instance ye Degree or Strength of ye Wind what is inserted especially ye Barometrical Observations are performed with a great deal of Exactness; and I think have One thing peculiar to Them wch is that They are ye first Set of Such Sort of Observations that was ever made in New England.

I should have examined ye Tube, and Mercury with which these Observations were made but my Opportunity is so Short at present that I have not Time.

I shall add no more than just to observe to you that I sent last Fall to ye Rev. Mr Derham a large Collection of Observations on ye Weather, being those of Mr Robie's wch were sent to Me during my Residence at London, but having departed thence before They arrived, they were again returned to Me in N England, these were Observations for 10, or 12 Years successively wch may perhaps be of Some Service to your Design.

Also, That if it would be acceptable to ye R. Society to have an Annual Account of ye State of ye Weather in these parts of ye World, especially at Cambridge, that I shall have all ye Opportunities imaginable thereunto, being chosen by ye College their Hollisian Professor of ye Mathematicks & Experimental Philosophy wch place has some peculiar Advantages for Observation, above most of ye same Nature in ye world, being accommodated wth a very large Apparatus of Glasses, and other Instruments, besides by its Institution, furnish't wth 10 Pensionary Scholars of ye 2 upper Classes who will always be ready to continue on ye Observations in case of Sickness, absence, or any other Accident. If Likewise it may be of any Service to send out such astronomical Observations as we shall make, you may expect a constant account of such Eclipses &c. as may occur, being furnished with very good Instruments for that Design, Virt. ye same Quadrant that Dr. Halley had to observe on ye Southern Constellations at St Hallena [sic] besides several good Telescopes.

I am,

Sir,

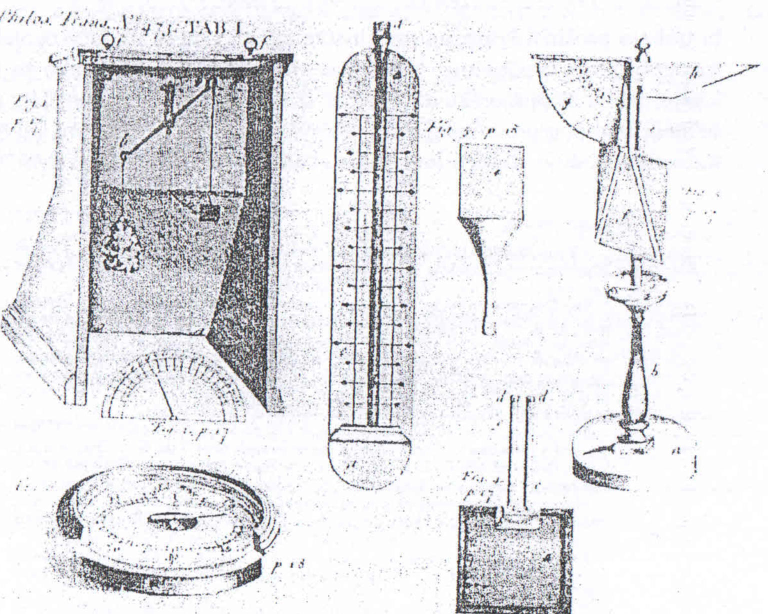
Your most Obedient Humble Servt.

Isaac Greenwood

Dr. Jurin
Dated May 1 1727 To Dr. Jurin

Sl 6.3. Pismo Isaka Grinvuda Džurinu.

Četrnaest godina posle Grinvudovog predloga, Rodžer Pikering je za Kraljevsko društvo pripremio predlog kakav bi trebalo da bude dnevnik meteoroloških merenja i kojim se instrumentima služiti za merenje, sl. 6.4.



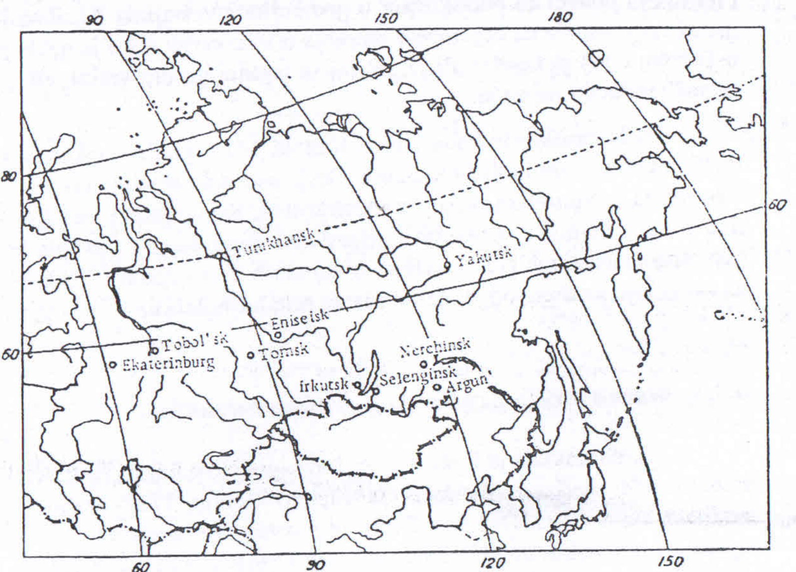
Sl. 6.4. Pikeringovi meteorološki instrumenti.

Kao što je bio slučaj sa Džurinovim predlogom, Društvo je prihvatilo i Pikeringov predlog. Ali, početni entuzijazam je brzo splasnuo i predlog je zaboravljen. Problem nije bio u nerazumevanju Društva za meteorologiju, već u tome što je pred Društvom stajalo mnogo drugih naučnih problema koje je trebalo rešavati. Postalo je jasno da je potrebno osnovati posebno društvo koje će biti posvećeno samo meteorologiji.

6.3.4. Sibirska meteorološka mreža

Za potrebe „Velike severne ekspedicije“, u Sibiru je od 1730. godine organizovana mreža meteoroloških stanica, sl. 6.5.

Ekspedicija je uspostavila merenja u Kazanju, 1733. godine. Osmatrač je bio Kunjicin. Sledeće, 1734. godine, osnovane su ostale stanice sa osmatračima: Ekaterinburg (Patiščev), Tobolsk (Mirovič), Jamišev (Kalberk), Jenisejsk (Čarošnikov), Tomsk (Salomatov), Turukansk (Sorokin), Irkutsk (Kanaev), Jakurtsk (Pekov), Selenjinsk (Tretjakov), Nerčinsk (Kovrgin) i u rudniku srebra Argunu (Kovirin).



Sl. 6.5. Sibirska mreža stanica.

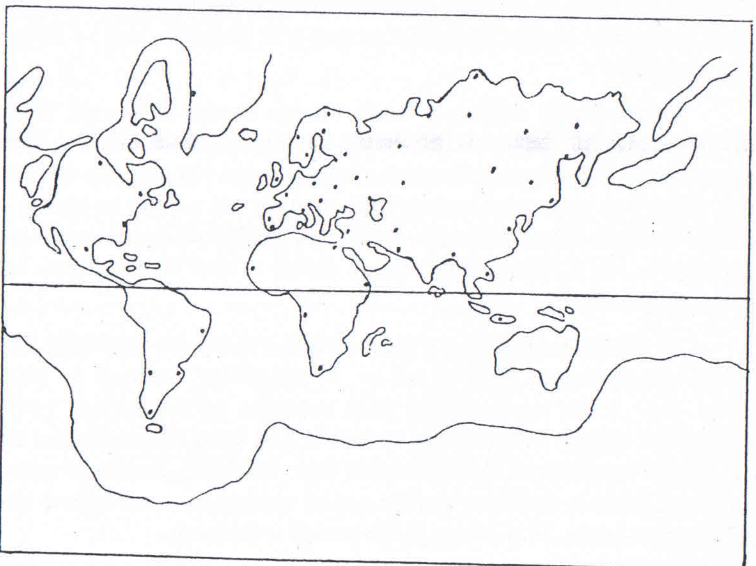
Uputstva za merenje na ovim stanicama napisao je 1732. godine D. Bernuli. Uputstva se odnose na „barometarska“, „termometarska“ i „gigrometarska“ merenja, određivanje gustine vode od padavina i u morima, magnetna osmatranja, ... , eksperimente koji se moraju uraditi za određivanje kretanja klatna, kao i druge pojave koje se moraju osmatrati na tlu. Kasnije su u program uključena merenja brzine zvuka, u zavisnosti od temperature i pritiska, topli i hladni vetrovi, itd. Detaljno su data uputstva za osmatranje raznih fenomena, kao: munje, grad, kiša, sneg, rosa, slana, magla, duga, zvezde padavice, „vatreni lukovi“ i druge svetlosne pojave, polarna svetlost, venac oko Sunca i Meseca... Data je i sugestija kako da se meri „veličina i broj kišnih kapi“, količina i izgled snega (da li su pahuljice velike ili male) itd. Snaga vetra se određivala prema četvorostepenoj skali. Za stanicu Selenjinsk određena su osmatranja zaleđivanja i otapanja leda na Bajkalskom jezeru.

Interesantno je napomenuti da je osmatrač u Tomsku, kozak po imenu **Petar Salomatov**, zapazio interesantnu pojavu. Na dan 21. novembra 1734. godine, za vreme jakog mraza, živa se zamrzla u vidu grudvica. Ovu mogućnost su 50 godina kasnije ispitivali poznati akademici Lomonosov i Braun. Oni su, eksperimentišući 25. decembra 1759. godine, potvrdili da se to može dogoditi.

Osmatranja i merenja u mreži uspostavljenoj za potrebe „Velike severne ekspedicije“ su nastavljena u dužem periodu. Tako, u Jekaterinburgu se merilo do 1746, u Irkutsku do 1747, Jakutsku do 1749. godine itd. Nažalost, samo mali deo od ovih podataka je sačuvan, tako da se nije mogla uraditi klima Sibira u XVIII veku. Iz ovoga se vidi da je ovo bio zaista grandiozni poduhvat merenja i osmatranja. Takva obimnost i preciznost merenja danas bi mogli da se vrše samo na malom broju opservatorija.

6.3.5. *Lambertov predlog svetske mreže stanica*

Johan Lambert, poznati konstruktor mnogih meteoroloških instrumenata, predložio je 1771. godine svetsku mrežu meteoroloških stanica. Mesta osmatranja i merenja je birao tako da mogu da reprezentuju okolinu. Celu zemljinu kuglu je podelio u trouglove sa jednom tačkom u centru. Dodatno je za Evropu napravio gušću mrežu, sl. 6.6.



Sl. 6.6. *Lambertov predlog svetske mreže meteoroloških stanica.*

Lambert je predvideo da se osmatranja vrše istovremeno prema trenutku kada je u Londonu podne. Upotrebljavajući simbole koje je **Mušenbrok** (1692 – 1761) koristio pri vršenju meteoroloških osmatranja u Utrehtu, 1728. godine, Lambert je predložio kakvi bi simboli trebalo da se koriste za

beleženje pojava u novoj svetskoj mreži. Tako, on je predložio simbol za sneg (++) za grad (· ·), itd. Predložio je kako da se nađe srednji vetar kada se poznaje čestina duvanja vetra iz određenih smerova. Naravno, koristio je vektorsko sabiranje. Ovaj metod je korišćen u dugom periodu vremena. Lambertova mreža je ostala samo kao jedan dobar predlog. Tek znatno kasnije su sazreli uslovi za uspostavljanje jedne globalne svetske merne mreže.

6.3.6. *Meteorološka mreža Kraljevskog medicinskog društva iz Pariza*

Luj Kote (1740 – 1815), meteorolog i sveštenik iz Montmorensija blizu Pariza, prikupljao je i publikovao meteorološka merenja i osmatranja sa dva kontinenta, Evrope i Amerike. Kote je sastavio obrazac koji je Kraljevsko medicinsko udruženje iz Pariza poslalo na razna mesta u svetu sa ciljem da se prikupljaju meteorološki podaci koji omogućuju praćenje širenja raznih oboljenja. Ove podatke Kote je u smanjenom obimu publikovao svake godine, u vidu srednjih i ekstremnih vrednosti za svaki mesec, broja dana sa padavinama, i drugih podataka. Podatke je objavljivao od 1776. do 1786. godine u časopisu Društva „Histoire de la Société Royale de Médicine“. Na početku 1776. godine, mrežu je sačinjavalo 36 stanica, a 1786. godine broj se popeo na 65. Stanice su bile razasute iznad prostrane oblasti, od Petrograda do San Dominga na Haitiju.

Kote je znao koliko je važno pravilno montiranje instrumenata i rad po određenim uputstvima. Zbog toga je za svaku stanicu sastavio detaljna uputstva. I Kote je, kao ranije Džurin u Engleskoj, sumirajući rezultate merenja, isticao brojne nedostatke među kojima su: podaci dolaze sa stanica koje su slučajno raspoređene i osmatrači su slučajno odabirani; vreme osmatranja je različito i merenja se vrše različitim instrumentima; metod osmatranja nije istovetan. Zbog svega ovoga bilo je teško međusobno poređenje podataka.

6.3.7. *Manhajmska meteorološka mreža*

Prvu pravu meteorološku mrežu stanica organizovalo je tzv. Manhajmsko meteorološko društvo. Ovo Društvo je jako mnogo doprinelo unapređenju meteorološke nauke i zbog toga je potrebno upoznati neke detalje iz njegovog rada.

Knez **Karlo Teodor** od Pfalca, pokrovitelj umetnosti, osnovao je

„Privilegovano društvo za nauku i književnost" u Manhajmu. Misli se da ideja o osnivanju Društva potiče od **Georga Stengela**, profesora iz Manhajma, koji je, uz ostalo, bio meteorolog amater. On je vršio meteorološka osmatranja u Manhajmu od 1758. do 1777. godine. Početkom 1778. godine, meteorološka merenja je preneo na sina Stefana. Tako, stvarni organizator Privilegovanog meteorološkog društva bio je **Stefan Stengel**. Sa svojim prijateljem Hemerom (autorom nekoliko manjih radova iz meteorolgije), on je izložio knezu Karlu Teodoru plan rada Društva. Knez je 15. septembra 1780. godine potpisao pismo kojim se odobrava formiranje specijalnog meteorološkog odeljenja Društva pod imenom „Societas Meteorologica Palatina" — Privilegovano meteorološko društvo. Hemer je bio sekretar Društva. Ono je uglavnom bilo poznato kao Manhajmsko meteorološko društvo, prema mestu gde je bilo osnovano.

Među ciljevima Društva bilo je „... nalaženje obučenih osmatrača u odabranim mestima i uspostavljanje kontakta sa njima; pronalaženje novih instrumenata i rad na poboljšanju postojećih; provera svega urađenog; pravljenje kopija; odgovaranje i postavljanje pitanja; pronalaženje novih metoda osmatranja; prikupljanje osmatranja, njihovo prevođenje na latinski jezik radi šire upotrebe; priložiti primedbe uz osmatranja posle njihovog upoređivanja; priprema rezultata za objavljivanje; uraditi sve da se unapredi razvoj ove, još uvek nesavršene nauke". Ovi sažeti zadaci Društva odštampani su u prvom broju njihovog časopisa „Ephemerides" — Prolaznosti.

Društvo je pripremilo cirkularno pismo i poslalo 19. februara 1781. godine na 30 mesta, akademijama, naučnim društvima, opsrevatorijama. Ovim institucijama je ponuđeno da učestvuju u organizovanju osmatranja, uz napomenu da će potrebne instrumente, umesto da ih kupe, obezbediti knez Karlo Teodor. Interesantno je napomenuti da nisu dobili odgovore od Kraljevskog društva iz Londona, Irske akademije iz Edinburga i Astronomske opservatorije iz Beča. Očigledno, Ostrvljani su želeli da spreče da bilo ko drugi preuzme primat i u ovoj oblasti. Uočili su potrebu za ovakvim poslom, ali ga ne podržavaju, jer oni nisu organizatori. Ovaj njihov princip ponašanja je prepoznatljiv i u bližoj istoriji.

Društvu su mnogi odgovorili da žele da učestvuju u planiranim osmatranjima. Broj odabranih 1781. godine bio je 14, da bi se kasnije popeo na 39. Prema tome, Društvo je uspelo da uspostavi široku međunarodnu saradnju među naučnicima. Za osmatrače su izradili Uputstva „Monitum ad Observatores". Ustanovljeni su termini osmatranja (7, 11, 14 i 21 sat). Svaka stanica je dobila termometar, barometar, higrometar i kompas, za merenje magnetne inklinacije.

Svi instrumenti su bili baždareni i pouzdani. Baždarenjem manhajmskog termometra 1840. godine, koji je upotrebljen u Pragu, posle duge upotrebe, pokazano je da je greška merenja manja od 0,1°. Sva merenja su beležena u jednom primerku. Za pojave su korišćeni jedinstveni simboli. Osmatranja su, posle propisane procedure, štampana u časopisu Društva „Ephemerides", od 1781. do 1792. godine. Poslednji broj „Ephemeridesa" odštampan je 1795. godine. Društvo je prestalo sa radom 1799. godine. Bio je to veliki gubitak za nauku toga doba.

Manhajmsko meteorološko društvo nije dugo živelo, ali je njegova aktivnost imala enormni doprinos. Ono je utabalo put razvoja moderne meteorologije, koji je nemoguć bez dobro organizovane merne mreže stanica. Društvo je bilo daleko ispred vremena u kome je radilo. Njegov primer je morao da se sledi, ali tek posle 50 godina, kada su osnovani prvi meteorološki instituti sa svojim mrežama za merenje. Nije samo organizacija Društva bila primer meteorolozima iz kasnijeg perioda. Kvalitet osmatranih podataka je bio takav da su kasnije klimatološke studije A. Humbolta i L. Buša, i prve sinoptičke studije Brandesa, proizašle iz podataka koji su štampani u „Ephemeridesu".

Manhajmsko društvo je imalo i druge naučne aktivnosti. U broju 2 njihovog časopisa **Stiglener** je objavio rad o promenama pritiska, zasnovan na poređenju osmatranja u Londonu, Regenzburgu i Petrogradu iz 1776. godine. Pokazano je da minimum pritiska „putuje" od zapada ka istoku, što su kasnije Brandes i Dove potvrdili. Društvo je analiziralo i poremećaje u atmosferi tokom leta 1783. godine koje su doveli u vezu sa erupcijom vulkana Hekla na Islandu.

U skladu sa običajem uvedenim više vekova pre osnivanja Manhajmskog meteorološkog društva, oni su „Ephemerides" štampali na latinskom jeziku, koji je bio međunarodni jezik naučnika gotovo hiljadu godina. U XVIII veku latinski se sve manje koristi. U XIX veku samo nekoliko odabranih, pravih naučnika se služi latinskim (npr. Brandes). Prekidom rada Manhajmskog društva, završava se dugi period razvoja meteorologije u kome se rodila prava nauka. Prvi period je bio period spekulacija.

Jedna od retkih stanica koja je bila u mreži Privilegovanog društva iz Manhajma, i nastavila sa radom do današnjeg dana, je Klementinum u Pragu. Kao primer dobrog, neprekidnog rada, zaslužuje da se o njoj u ovoj istoriji meteorologije kaže nešto više.

Za svaku klimatološku analizu od izuzetne vrednosti je praćenje dugog niza podataka Meteorološka stanica Klementinum u Pragu ima nepreki-

„Privilegovano društvo za nauku i književnost" u Manhajmu. Misli se da ideja o osnivanju Društva potiče od **Georga Stengela**, profesora iz Manhajma, koji je, uz ostalo, bio meteorolog amater. On je vršio meteorološka osmatranja u Manhajmu od 1758. do 1777. godine. Početkom 1778. godine, meteorološka merenja je preneo na sina Stefana. Tako, stvarni organizator Privilegovanog meteorološkog društva bio je **Stefan Stengel**. Sa svojim prijateljem Hemerom (autorom nekoliko manjih radova iz meteorolgije), on je izložio knezu Karlu Teodoru plan rada Društva. Knez je 15. septembra 1780. godine potpisao pismo kojim se odobrava formiranje specijalnog meteorološkog odeljenja Društva pod imenom „Societas Meteorologica Palatina" — Privilegovano meteorološko društvo. Hemer je bio sekretar Društva. Ono je uglavnom bilo poznato kao Manhajmsko meteorološko društvo, prema mestu gde je bilo osnovano.

Među ciljevima Društva bilo je „... nalaženje obučenih osmatrača u odabranim mestima i uspostavljanje kontakta sa njima; pronalaženje novih instrumenata i rad na poboljšanju postojećih; provera svega urađenog; pravljenje kopija; odgovaranje i postavljanje pitanja; pronalaženje novih metoda osmatranja; prikupljanje osmatranja, njihovo prevođenje na latinski jezik radi šire upotrebe; priložiti primedbe uz osmatranja posle njihovog upoređivanja; priprema rezultata za objavljivanje; uraditi sve da se unapredi razvoj ove, još uvek nesavršene nauke". Ovi sažeti zadaci Društva odštampani su u prvom broju njihovog časopisa „Ephemerides" — Prolaznosti.

Društvo je pripremilo cirkularno pismo i poslalo 19. februara 1781. godine na 30 mesta, akademijama, naučnim društvima, opsrevatorijama. Ovim institucijama je ponuđeno da učestvuju u organizovanju osmatranja, uz napomenu da će potrebne instrumente, umesto da ih kupe, obezbediti knez Karlo Teodor. Interesantno je napomenuti da nisu dobili odgovore od Kraljevskog društva iz Londona, Irske akademije iz Edinburga i Astronomske opservatorije iz Beča. Očigledno, Ostrvljani su želeli da spreče da bilo ko drugi preuzme primat i u ovoj oblasti. Uočili su potrebu za ovakvim poslom, ali ga ne podržavaju, jer oni nisu organizatori. Ovaj njihov princip ponašanja je prepoznatljiv i u bližoj istoriji.

Društvu su mnogi odgovorili da žele da učestvuju u planiranim osmatranjima. Broj odabranih 1781. godine bio je 14, da bi se kasnije popeo na 39. Prema tome, Društvo je uspelo da uspostavi široku međunarodnu saradnju među naučnicima. Za osmatrače su izradili Uputstva „Monitum ad Observatores". Ustanovljeni su termini osmatranja (7, 11, 14 i 21 sat). Svaka stanica je dobila termometar, barometar, higrometar i kompas, za merenje magnetne inklinacije.

Svi instrumenti su bili baždareni i pouzdani. Baždarenjem manhajmskog termometra 1840. godine, koji je upotrebljen u Pragu, posle duge upotrebe, pokazano je da je greška merenja manja od 0,1°. Sva merenja su beležena u jednom primerku. Za pojave su korišćeni jedinstveni simboli. Osmatranja su, posle propisane procedure, štampana u časopisu Društva „Ephemerides", od 1781. do 1792. godine. Poslednji broj „Ephemeridesa" odštampan je 1795. godine. Društvo je prestalo sa radom 1799. godine. Bio je to veliki gubitak za nauku toga doba.

Manhajmsko meteorološko društvo nije dugo živelo, ali je njegova aktivnost imala enormni doprinos. Ono je utabalo put razvoja moderne meteorologije, koji je nemoguć bez dobro organizovane merne mreže stanica. Društvo je bilo daleko ispred vremena u kome je radilo. Njegov primer je morao da se sledi, ali tek posle 50 godina, kada su osnovani prvi meteorološki instituti sa svojim mrežama za merenje. Nije samo organizacija Društva bila primer meteorolozima iz kasnijeg perioda. Kvalitet osmatranih podataka je bio takav da su kasnije klimatološke studije A. Humbolta i L. Buša, i prve sinoptičke studije Brandesa, proizašle iz podataka koji su štampani u „Ephemeridesu".

Manhajmsko društvo je imalo i druge naučne aktivnosti. U broju 2 njihovog časopisa **Stiglener** je objavio rad o promenama pritiska, zasnovan na poređenju osmatranja u Londonu, Regenzburgu i Petrogradu iz 1776. godine. Pokazano je da minimum pritiska „putuje" od zapada ka istoku, što su kasnije Brandes i Dove potvrdili. Društvo je analiziralo i poremećaje u atmosferi tokom leta 1783. godine koje su doveli u vezu sa erupcijom vulkana Hekla na Islandu.

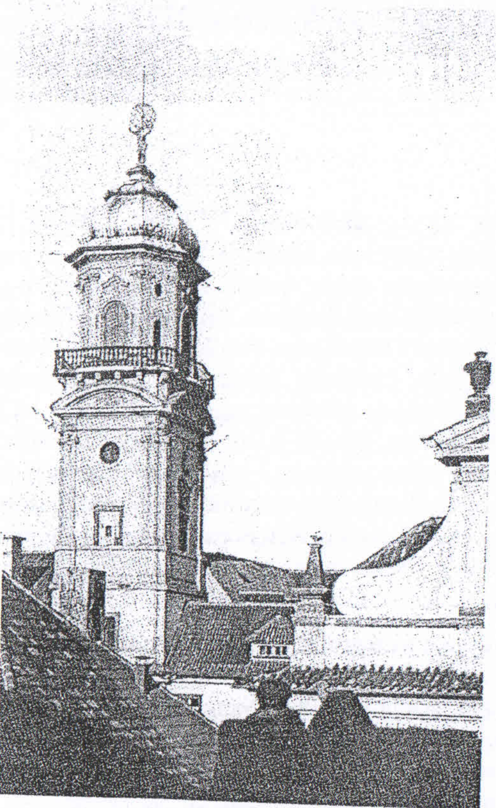
U skladu sa običajem uvedenim više vekova pre osnivanja Manhajmskog meteorološkog društva, oni su „Ephemerides" štampali na latinskom jeziku, koji je bio međunarodni jezik naučnika gotovo hiljadu godina. U XVIII veku latinski se sve manje koristi. U XIX veku samo nekoliko odabranih, pravih naučnika se služi latinskim (npr. Brandes). Prekidom rada Manhajmskog društva, završava se dugi period razvoja meteorologije u kome se rodila prava nauka. Prvi period je bio period spekulacija.

Jedna od retkih stanica koja je bila u mreži Privilegovanog društva iz Manhajma, i nastavila sa radom do današnjeg dana, je Klementinum u Pragu. Kao primer dobrog, neprekidnog rada, zaslužuje da se o njoj u ovoj istoriji meteorologije kaže nešto više.

Za svaku klimatološku analizu od izuzetne vrednosti je praćenje dugog niza podataka Meteorološka stanica Klementinum u Pragu ima nepreki-

dni niz osmatranja i merenja od 1775. godine do danas. Interes za meteorologiju u Pragu potiče još iz doba renesanse. Bohemski kralj i rimski car Čarls IV, osnovali su u Pragu Čarlsov univerzitet 1348. godine. Slavu Univerziteta su uveličali astronomi **Tiho Brahe** (1546 – 1601) i **Johan Kepler** (1571 – 1630). Oba su dobro poznati po meteorološkim osmatranjima koja su vršili u Pragu (Brahe 1597, a Kepler 1605. godine). Keplerov dnevnik osmatranja je sačuvan.

Meteorološka osmatranja u Klementinumu otpočeo je jedan drugi astronom i meteorolog, **Jozef Stepling**. Zgrada – kula Klemetinum zidana je u srcu starog grada Praga, u klasičnom baroknom stilu, između 1650. i 1756. godine. Gradili su je jezuiti. Kompleks se sastojao od tri crkve, manastira, 32 sobe, škole, biblioteke i astronomske opservatorije. Nalazi se na desnoj obali reke Vltave (Moldave), sl. 6.7.

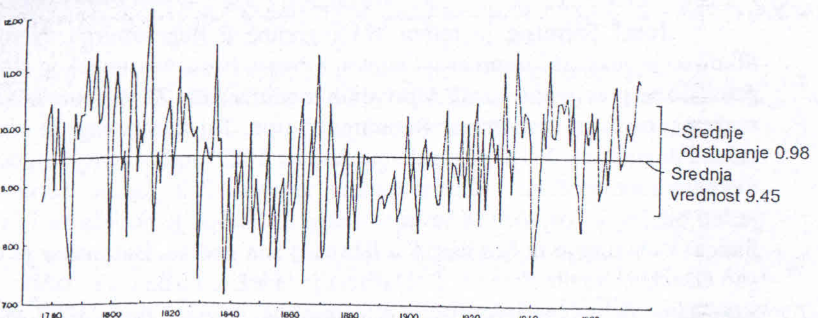


Sl. 6.7. Kula Klementinum u Pragu.

Jozef Stepling je rođen 1716. godine u Regenzburgu, Nemačka. Studirao je Jezuitski seminar u Olomou i Pragu. Posle svešteničkog služenja posvetio se pravljenju raznih sopstvenih instrumenata. Za meteorološka merenja napravio je termometar Reomirovog tipa. Taj termometar je bio vrlo tačan i dugotrajan, što je pokazalo baždarenje 1829. godine. On je otpočeo sa merenjem temperature u Klementinumu, januara 1752. godine. Termometar je bio obešen na prozoru sa severne strane i očitavan je po izlasku i zalasku Sunca. Padavine je počeo meriti u februaru iste godine. Barometar je očitavao takođe dva puta dnevno. I oblačnost je beležio. Posle toga, nažalost, postoje samo delimične informacije o merenjima, naročito posle 1773. godine, kada su Jezuiti prestali sa tom aktivnošću. Srećom, Steplingov student **Antoni Strand**, 1775. godine ga zamenjuje na mestu direktora Astronomske i meteorološke opservatorije u Klementinumu. Od tog perioda, osmatranja su vršena svakodnevno, bez prekida, čak i za vreme dva svetska rata. Ta stanica ima najduži neprekidni niz osmatranja u centralnoj Evropi. Predstavljala je kičmu meteorološke mreže stanica u Bohemiji i, kasnije, Austro-ugarskoj carevini.

Stranda je 1799. godine na mestu direktora zamenio **Martin Adam David**. On je bio dugogodišnji Strandov asistent. Takođe ga je zamenio na katedri za astronomiju u Pragu. David je 1816. godine bio i rektor univerziteta. Penzionisan je 1824. godine, kada ga je na mestu direktora Opservatorije zamenio istaknuti meteorolog **Karl Kreil**. Dao je doprinos u poboljšanju dizajna meteoroloških instrumenata. Praška opservatorija je nastavila da dobija na značaju kada je Fric (koji je rođen u Pragu, bio vezan za Opservatoriju, pisao rasprave o vremenu u Pragu) postao odgovorno lice za meteorološka i fenološka osmatranja u novoosnovanoj „Centralnoj agenciji za meteorologiju i geodinamiku Austro-ugarske carevine“ u Beču. Opservatoriji je takođe doprineo i drugi Pražanin, **K. Jelinek** (1822 – 1876). On je bio direktor Centralne agencije u Beču i doprineo je osnivanju međunarodne meteorološke organizacije.

Sa stanice Klementinum, od 1775. godine do danas, postoje podaci o: pritisku; srednjoj, maksimalnoj i minimalnoj temperaturi; smeru i jačini vetra; oblačnosti i padavinama. Od 1845. godine meri se i relativna vlažnost vazduha. Iz tog dragocenog niza podataka, na sl. 6.8. prikazan je hod srednjih godišnjih temperatura u dvestagodišnjem periodu, 1775 – 1975. godina. Primećuje se globalni pad temperature od 1790. do 1850. godine, zatim sledi porast u sledećih 25 godina i jednak pad u narednih 25 godina. Od 1900. do oko 1940. godine, javljao se porast, da bi se od 1940. do 1970. godine javio globalni pad temperature.



Sl. 6.8. Godišnje temperature izmerene u Klementinumu, Prag, 1775 – 1975. godina.

Glava

7 OSNIVANJE METEOROLOŠKIH INSTITUTA (ZAVODA)

Krajem XVIII veka sasvim je bilo jasno da se mora osnovati međunarodna meteorološka mreža stanica. Početne praktične napore u tome pravcu učinilo je društvo „Accademia del Cimento". Kasnije su usledili pokušaji Huka, Džudina i Dalambera. Privilegovano meteorološko društvo iz Manhajma je najdalje i najbolje ostvarilo zamisao o svetskoj meteorološkoj mreži. Nažalost, uprkos savršenoj organizovanosti, ni taj projekat nije trajao duže od deset godina. Kao da je postojala neka nevidljiva volja koja je odvraćala od toga toliko vidljivog i jasno trasiranog puta. Možda je bila u pitanju, kod pojedinih uticajnih zemalja, sujeta i želja za dominacijom. Jedini način da se udovolji potrebi osnivanja svetske mreže meteoroloških stanica je bilo osnivanje mreže unutar pojedinih zemalja. Njihovo objedinjenje će nastupiti tek sredinom XIX veka.

Osnivanje meteoroloških mreža bilo je povereno naučnim ustanovama, institutima. I ne samo merenje, oni su prirodom svoga posla bili zaduženi da razvijaju znanja iz meteorologije. O tome će se govoriti u ovoj glavi knjige. Izlaganje je najlakše pratiti preko opisa aktivnosti u pojedinim najznačajnim zemljama. Teže bi bilo pratiti hronologiju događaja ne uzimajući u obzir administrativnu podelu sveta.

7.1. Osnivanje instituta u Rusiji

Početkom XIX veka, meteorološka osmatranja su počela u okviru Univerziteta u Moskvi. Profesor Strahov je organizovao taj posao 1808. godine. Dnevnik osmatranja iz tog perioda je prikazan na sl. 7.1.

Метеорологическiя наблюденiя въ Августѣ 1812.

Дни недѣли	Часы наблюденiи	Термометръ Реомюровъ Внѣш.	Термометръ Реомюровъ Внутр.	Барометръ, Аглицк. размѣра	Направленiе вѣтра	Состоянiе Атмосферы
17. Суббота	Въ 8 часовъ ут.	+ 9½	+ 15	29, 65	Сѣверо-Западный	Небо покрытое.
	Въ 2 часа п. п.	+ 17	+ 15½	29, 63	Сѣверо-Западный	Попеременно солнце сiяло и облаками было закрываемо
	Въ 9 часовъ веч.	+ 11½	+ 16	29, 69	Сѣверный	Большею частiю безоблачное небо
18. Воскресенье	Въ 8 часовъ ут.	+ 9½	+ 16½	29, 65	Южно-Восточный	Сiянiе солнца
	Въ 2 часа п. п.	+ 16½	+ 17½	29, 61	Сѣверо-Западный	Сiянiе солнца
	Въ 9 часовъ веч.	+ 13	+ 17	29, 53	Южный	Большею частiю безоблачное небо
19. Понедѣльникъ	Въ 8 часовъ ут.	+ 12	+ 16½	29, 46	Южно-Западный	Небо покрытое
	Въ 2 часа п. п.	+ 17	+ 18	29, 42	Западный	Сiянiе солнца
	Въ 9 часовъ веч.	+ 13½	+ 17	29, 36	Западный	Безоблачное небо
20 Вторникъ	Въ 8 часовъ ут.	+ 13½	+ 16½	29, 24	Западный	Попеременно солнце сiяло и облаками было закрываемо
	Въ 2 часа п. п.	+ 14½	+ 17	29, 20	Южно-Западный	Небо закрытое. Но а к 5 часу п. п. дождь на 2¼ линiи
	Въ 9 часовъ веч	+ 12½	+ 16	29, 26	Сѣверо-Западный	Безоблачное небо

Sl. 7.1. Dnevnik osmatranja prof. Strahova u Moskvi za avgust 1812. godine.

Osmatranja su prekinuta za vreme Otadžbinskog rata 1812. godine. Sa osmatranjem je nastavljeno pod rukovodstvom prof. Dvigubskog, 1820. godine.

Po osnivanju Univerziteta u Kazanju 1804. godine, počinje se sa meteorološkim merenjem. Univerziteti su pokušali da angažuju osmatrače za ovaj posao. Tako, Univerzitet u Moskvi je publikovao 1814. godine, osmatranja koja je u Volođi vršio nastavnik Fortunator, od 1808. do 1812. godine. Pokazalo se da nijedan institut ni visokoškolska ustanova ne mogu organizovati širi sistem meteoroloških osmatranja.

Poznati ruski naučnik **Karazin** (1773 – 1842) je predložio osnivanje meteorološke službe koja bi radila pod kontrolom ruskih obrazovnih instituta. U svom dopisu koji je poslao Moskovskom prirodnjačkom savezu 15. marta 1810. godine, on predlaže postavljanje mreže stanica od Kole (na se-

veru) do Tiflisa (na jugu) i od Libave (na zapadu) do Njižnje – Kamčatka (na krajnjem istoku). Stanice bi se organizovale u okviru lokalnih fakulteta. Sve stanice u mreži bi radile na jedinstven način. Predložio je i osnivanje „Društva naučnika" koje bi vodilo računa o tim poslovima. Nešto kasnije, 1818, Karazin obnavlja ideju da se osnuje „Državni meteorološki komitet" da nadgleda poslove oko mreže. Ovo je podržao Odsek za rudarstvo, koji se tada brzo razvijao, pa su bili zainteresovani za meteorološka merenja i merenja magnetizma.

Profesor **Kuper** (1799 – 1865), šef Odseka za hemiju kazanjskog Univerziteta bio je zadužen da preuzme poslove u vezi sa ovim. On je organizovao neka merenja u okviru „Međunarodnih dana". Od 1829. godine organizovao je magnetna merenja u Petrogradu, Pekingu, i u Sitki na Aljasci. Tada, 16. novembra 1826. godine, Rusiju je posetio A. Humbolt. U govoru u Akademiji nauka on je istakao da se magnetska merenja moraju značajno proširiti u Rusiji. Mladi akademik Kuper je predložio da se osnuje specijalna opservatorija za praćenje magnetnih i meteoroloških fenomena. U okviru toga, predložio je koja oprema mora da se nabavi. „Projekat uspostavljanja meteoroloških i magnetnih osmatranja" Kuper je 1833. godine predočio Ministarstvu finansija. Kuper je veoma jasno izložio šta bi država dobila usvajanjem predloženog projekta. On ističe: „... Rusija bi nesumnjivo otkrila nove nacionalne resurse... ako bi poznavali mnogo preciznije njenu klimu. Vlada bi onda mogla da razvija nove grane poljoprivrede ili industrije. Unapred bi se znalo koju industriju ili poljoprivrednu aktivnost možemo planirati u kojim oblastima".

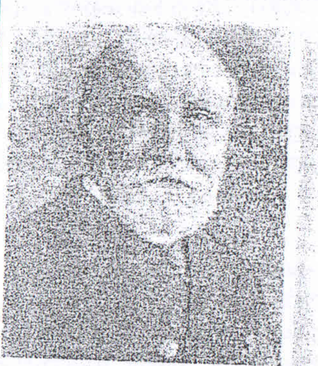
Ministarstvo rudarstva je podržalo osnivanje magnetnih merenja samo u nekoliko mesta (Nerčinsk, 1832; Jekaterinburg, 1836; Lugansk, 1836 i Tiflis 1837. godine). Još uvek Kuper nije odustajao. Zamolio je Humbolta da napiše pismo caru Nikolaju I. I on je to uradio 1239. godine. Autoritet poznatog naučnika Humbolta doprineo je da car Nikolaj I odobri gradnju centralne magnetske i meteorološke stanice. On je naložio 1843. godine da se izradi plan zgrade opservatorije. U decembru 1848. godine gradnja je bila završena. Opservatorija je otvorena 1. aprila 1849. godine. U deklaraciji tada pročitanoj, stoji: „Da bi se vršila merenja i sprovodili fizički eksperimenti velikih razmera, za celu Rusiju osniva se Glavna fizička opservatorija u Petrogradu...".

To je bila jedna od prvih centralnih meteoroloških institucija u Evropi i Americi. Osoblje opservatorije na početku je bilo malobrojno: Kuper (direktor), dva starija i tri mlađa osmatrača. Ovim je otpočeo vrlo veliki posao ujedinjenja meteoroloških istraživanja i praktičkih poslova u celoj Rusiji. U

to doba, opservatorija je držala 50 stanica za osmatranje, koje su bile rasute iznad velikih prostranstava Rusije. Veliki posao je urađen oko uvođenja jedinstvenih instrumenata i metoda merenja. Kontrola merenja po stanicama nije se mogla sprovoditi zbog nedostatka sredstava za putovanje.

Sakupljene podatke Opservatorija je publikovala u „Pregledu osmatranja izvršenih izvan Glavne fizičke opservatorije i onih sprovedenih pod njenom kontrolom". U izveštajima je bilo mnogo grešaka. Na početku je bilo malo interesovanja za ove podatke, u prvom redu zbog toga što je Opservatorija bila u okviru inženjerije i rudarstva, te nije bio ostvaren kontakt sa poljoprivrednicima i moreplovcima. Razvoj nauke se takođe nije mogao ostvariti, jer je u Opservatoriji radio, praktično, samo Kuper kao naučnik.

Posle Kuperove smrti (1865. godine) **Kamic** (1801 – 1867) postaje novi direktor Opservatorije. On je bio autor poznatog udžbenika iz meteorologije. Bio je direktor samo dve godine, i nije mogao značajnije pospešiti rad Opservatorije. Kamica su nasledili Rikačev, a zatim Vild. Opservatorija je u narednih pedesetak godina bila vezana za njih.



M. A. Rikačev (1840 – 1919)

Rikačev je završio mornaričku akademiju 1865. godine. Posle toga, 1866. godine, poslat je u inostranstvo da se upozna sa meteorološkom službom u drugim zemljama. Njegovo zaduženje je bilo povezano sa interesom Ruske mornarice za meteorologiju. U drugoj polovini XIX veka Ruska flota se razvila, i obavljali su mnoga daleka putovanja. Krimski rat (1854 –1855) izazvao je stimulans za razvoj meteorološke službe za potrebe mornarice. Rikačev je boravio u Engleskoj do 1867. godine. Radio je na Griničkoj opservatoriji. Kada se vratio u Rusiju radio je u hidrografskom odeljenju Glavne fizičke opservatorije. Obavljao je i funkciju pomoćnika direktora Opservatorije od 1867. do 1896. godine. Od 1896. godine, posle penzionisanja Vilda, bio je direktor Opservatorije sve do 1913. godine. Obilazeći stanice, jednom je prešao put od 9000 km, od čega 2800 km je prepešačio ili jahao na konju. Uporan je bio da uoči probleme i unapredi funkcionisanje sistema merenja.



Hajnrih Vild (1833 – 1902)

Rodio se u kantonu Ciriha u Švajcarskoj. Studije je završio u Cirihu 1854. godine. Postao je docent fizike 1858. godine na Univerzitetu u Cirihu. Posle je prešao na Univerzitet u Berlinu, gde ga je poslala Švajcarska Vlada da izuči mogućnost osnivanja mreže meteoroloških stanica u Švajcarskoj. U to vreme Vild je napravio nekoliko meteoroloških instrumenata, uključujući poznati Vildov vetrokaz. Prelazak u Glavnu fizičku opservatoriju, za Vilda predstavlja novi izazov. Bio je direktor Opservatorije od 1867 do 1896. godine. On je predložio osnivanje komisije od najvećih autoriteta, koja je trebalo da formuliše reorganizaciju Opservatorije i cele mreže osmatranja u Rusiji.

Rikačev i Vild su bili dobar tim za postizanje uspeha. Tokom 1871. i 1872. godine, osnovali su 29 novih stanica. Tada ih je bilo ukupno 73. Glavni posao je bio da se vrše kontrole rada stanica. U kontroli je učestvovao i Vild. Od juna do avgusta 1872. godine, obišao je veliki broj stanica. Glavni problem je bio nemogućnost plaćanja osmatrača za njihov rad. Na svim stanicama, čak i onim u najdaljim mestima, koja imaju surove klimatske uslove, rad je bio potpuno dobrovoljan. Osmatrači su uglavnom bili profesori, lekari, agronomi, farmaceuti, vojna lica, a ponegde i sveštenici. Oni su jedinu satisfakciju, uz naučni entuzijazam, imali kada bi videli da se njihovi podaci nalaze u „Analima Glavne fizičke opservatorije (Letopisi GFO). Za osmatrače je predstavljala posebnu čast lepo ispisana diploma sa potpisom predsednika Akademije nauka.

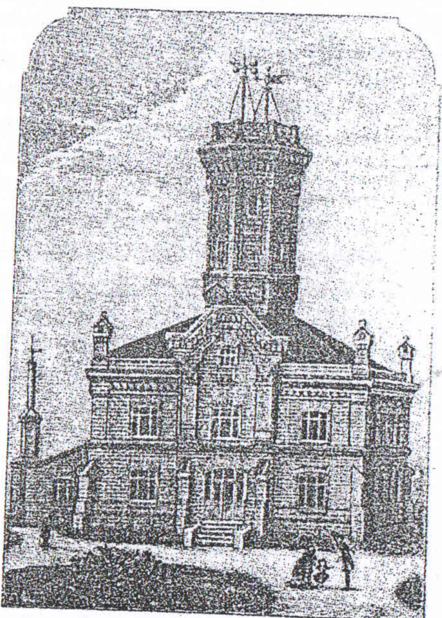
U Opservatoriji je bilo organizovano pregledanje i ispravljanje izveštaja. Osmatrači su bili informisani o greškama, i to ih je obavezivalo da rade pažljivije. Izveštaji su štampani u „Analima", umesto ranijeg štampanja u „Pregledu". Taj posao je očigledno obavljan dobro, pa je 1874. godine, na Konferenciji u Utrehtu, Stalni Međunarodni komitet za meteorologiju usvojio „Anale" kao primer kako bi trebalo raditi u svim drugim zemljama.

Pod Rikačevim rukovodstvom 1872. godine, u okviru Opservatorije je osnovano odeljenje „Služba vremena". Zadatak je bio da se primene meteorološka osmatranja. To odeljenje nije bilo moguće osnovati bez pomoći Ministarstva mornarice. Ova pomoć je nastavljena kada su počeli da se izdaju dnevni bilteni o vremenu. Povećao se i broj zaposlenih u samoj Opserva-

toriji (1899. godine bilo ih je 70). Na Opservatoriji su radili brojni mladi naučnici koji su doprineli ruskoj i svetskoj nauci. Akademija nauka pružala je pomoć prilikom štampanja „Anala“. Do 1894. godine, broj stanica je mnogo uvećan. Bilo je 650 stanica II reda i 1450 koje su merile padavine.

Na Opservatoriji je bio dosta monotan posao. Mladi naučnici nisu ohrabrivani za nove ideje. Oni su mogli svoje analize vremena da štampaju samo u dodatku „Dnevnika meteoroloških biltena“. Zbog nezadovoljstva Vildovim radom, Petrograd su napustili mnogi naučnici, kao Kepen, Braunov, Sreznjevski.

Oko 1860. godine, bilo je jasno da je zbog urbanizacije Petrograda merenje na Glavnoj fizičkoj opservatoriji postalo nereprezentativno. Zato je u Pavlovsku (u blizini Petrograda) sazidana nova zgrada za magnetna i meteorološka osmatranja. Zgrada je počela sa radom 1878. godine, sl. 7.2. Njen prvi direktor je bio Milberg. Tu su merenja bila reprezentativna. Mnogi instrumenti su tu konstruisani. Pred kraj XIX veka, na Pavlovskoj opservatoriji počinju aerološka merenja. Osnovano je, 1902. godine, posebno odeljenje za sondiranje pomoću zmajeva. Uvedena su neprekidna merenja zračenja od 1912. godine. To je prva opservatorija u Evropi sa takvim merenjima.



Sl. 7.2. Pavlovska opservatorija.

Irkutska opservatorija postaje 1886. godine meteorološki centar za Istočni Sibir. Meteorološka mreža u Rusiji je postala suviše glomazna da bi mogla da se kontroliše iz jednog mesta. Nedisciplina u merenju je bila vrlo velika. Zbog toga je sazrevalo mišljenje da merenja moraju da se reorganizuju na lokalnom nivou. Gotovo istovremeno niču lokalne mreže oko 1885 – 1892. godine.

U Glavnoj fizičkoj opservatoriji smatrali su da se decentralizacijom ruske meteorologije uvodi neregularnost u merenjima. Zato su tražili da se Opservatorija odredi kao vrhovni kontrolor. Glavna fizička opservatorija, zalaganjem Rikačeva, 24. decembra 1912. godine postaje zakonom proglašena da ne zavisi od Akademije nauka. Novi direktor Opservatorije postaje akademik Golicin, 6. maja 1913. godine. On je ojačao poziciju Opservatorije, tako da je u njoj ponovo radio veliki broj talentovanih mladih naučnika. Tako Mulatovski počinje da radi na dugoročnim prognozama vremena, Fridman se bavio teorijskom meteorologijom, Obrenski elektricitetom, itd. Kao rezultat takvog rada, 1914. godine počinje publikovanje naučnih rezultata u „Geofizičeski zbornik“. On je dalje odigrao veliku ulogu u razvoju ruske meteorologije.

7.2. Organizacija meteorologije u Francuskoj

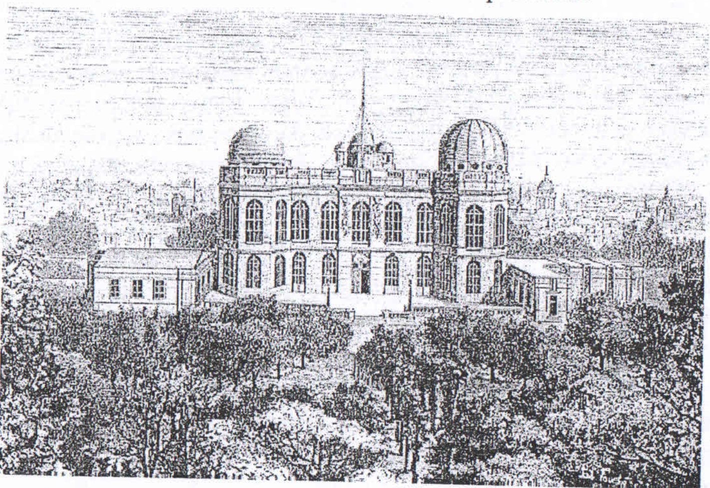
Francuska je pri kraju XVIII veka prošla kroz velike društvene promene. Odigrala se revolucija 1789. godine. Neki naučnici uzroke revolucije vide i u olujama koji su prethodne godine gotovo potpuno uništile letinu. Zbog toga je nova vlast bila u obavezi da unese neku pravdu za šire slojeve ljudi koji su zavisili od poljoprivrede. A poljoprivreda zavisi od meteoroloških dešavanja. Nova vlast je zbog pridavanja velike važnosti revoluciji, odlučila da uvede sasvim novi kalendar. Prva godina (umesto od pojave Hrista) se računala od godine revolucije. Godina je bila podeljena na 12 meseci koji su imali po 30 dana. Ostalih 5 (ili 6 dana prestupne godine) računali su se kao dani festivala. Meseci su dobili nazive po glavnim meteorološkim karakteristikama toga perioda. Prvi mesec je počinjao od 22. septembra.

Zbog toga što je to jedinstven primer koliko se posvećivalo pažnje meteorološkom faktoru na život, navodimo nazive svih meseci u godini, po tom novom kalendaru, sa značenjem i periodom na koji se odnosi po uobičajenom kalendaru:

Vendemiaire – mesec berbe grožđa (22.9 – 21.10)
Brumaire – mesec magle (22.10 – 20.11)
Frimaire – mesec mraza (21.11 – 20.12)
Nivose – mesec snega (21.12 – 19.01)
Pluviose – mesec kiše (20.01 – 18.02)
Ventose – mesec vetra (19.02 – 20.03)
Germinal – mesec pupljenja (21.03 – 19.04)
Floreal – mesec cvetanja (20.04 – 19.05)
Prairial – mesec trave (20.05 – 18.06)
Messidor – mesec žetve (19.06 – 18.07)
Thermidor – mesec vrućine (19.07 – 17.08)
Fructidor – mesec voća (18.08 – 21.09)

Ovaj novi kalendar je bio u zvaničnoj upotrebi u Francuskoj od septembra 1792. godine, do kraja decembra 1805. godine. Posle toga se prešlo na stari kalendar.

Od početka XIX veka, brojne meteorološke stanice u Francuskoj radile su u okviru naučnih društava, univerzitetskih škola, itd. Sve su radile nezavisno jedna od druge. Zato je u Parizu 1864. godine, ministar obrazovanja preduzeo mere da organizuje meteorološka osmatranja u redovnim školama. Tako, već 1877. godine, u okviru škola radilo je 58 stanica. Pariskoj opservatoriji (sl. 7.3) je bilo teško da upravlja celom mrežom. Velika je bila nedisciplina. Zbog toga su stanice bile u nadležnosti posebne komisije. U to doba Komisija nije bila sposobna da uoči meteorološke probleme.



Sl. 7.3. Pariska opservatorija.

Posle smrti Leverjea, uticajnog direktora Pariske opservatorije, osnovan je u Parizu „Centralni meteorološki biro Francuske“, 1878. godine. Cilj je bio da se reorganizuju osmatranja po regionima i departmanima, da se izdaju upozorenja za luke i poljoprivrednike i da se organizuju izučavanja atmosferskih kretanja. Za direktora je postavljen Maskart (1837 – 1908), proslavljeni meteorolog. On je za rukovodioca službe upozorenja postavio Frona, klimatološke službe – Angota, a za opštu meteorologiju Tiseran de Bora, itd. Već 1903. godine bilo je 160 stanica. Osnovane su regionalne i planinske meteorološke opservatorije u Bordou, Tuluzu, Orleanu, itd.

Inspektor opšteg transporta reorganizovao je potpuno nezavisnu kišomernu mrežu, koja je počela sa radom još 1854. godine. Cilj je bio da se pomoću ove mreže može alarmirati pojava poplava, naročito oko reke Sene. Pluviometrijska merenja (merenje padavina) zajedno sa podacima o prirodi zemljišta (da li i koliko propušta vodu) omogućili su tako dobre analize iz kojih je proisteklo da se nivo vode u rekama mogao predvideti do tačnosti od 10 – 12 cm.

Kasnije su Komisije u departmanima preuzele brigu i o kišomernim stanicama. Naročiti uspeh su postigle Komisije oko angažovanja lokalnih intelektualaca za rad u ovoj oblasti. Čak su u nekim departmanima izdavali meteorološke časopise.

U Francuskoj je organizovana specijalna mreža za praćenje olujnih oblaka. Razlog je bio taj što je pojava gradonosnih oblaka vrlo česta, i to pričinjava velike materijalne štete, posebno na grožđu. Sa osmatranjem takvih oblaka otpočeto je još 1865. godine, pod nadzorom Pariske opservatorije. Ideja je bila da se i bez instrumenata takvi oblaci mogu pratiti ako se raspolaže gustom osmatračkom mrežom. Trebalo je da osmatrači popune specijalni formular, „bulletin d' orage“, o svakom olujnom oblaku i štetama koje je pričinio. Francuska mreža za praćenje oluja je poslužila kao uzor za mnoge druge zemlje. Podaci prikupljeni u ovoj mreži omogućili su da se izvrši analiza kretanja „linija nepogoda“. To je prvi radio Duran – Grevil. On je prvi istraživao osobine hladnog i okludovanog fronta.

Pariska opservatorija u Montsurisu (južni deo Pariza), koja je osnovana 1868. godine, bila je mesto gde su urađeni mnogi korisni poslovi za meteorologiju. Analiziran je sastav atmosfere. Sanitarne vlasti su postavile 1870. godine više kišomera oko Pariza da bi se analizom kišnice zaključilo o hemikalijama koje se nalaze u vazduhu.

Uopšte, može se reći da je u tom periodu, posle revolucije u Francuskoj, bio razvijen duh praktičnih, vidljivo korisnih, istraživanja. Nastojali su

da reše problem plavljenja od velikih kiša, problem praćenja i najava gradonosnih oblaka i problem zagađenja. Ti napori su se osetili u meteorološkoj nauci kasnijeg doba. Tako, npr. u oblasti fizike oblaka i modifikaciji vremena, francuski naučnici su dali vidne doprinose (naročito familija Desans).

7.3. Organizacija meteorologije u Engleskoj

U Engleskoj su osnovane prve meteorološke opservatorije, privatne i nacionalne, još pre XVIII veka (Ridklif u Oksfordu, i Kju u Ričmondu). Međutim, tek u XIX veku su se pojavili napori pojedinaca da se njihov rad koordinira u jednu celinu. Koliko je poznato, prvi je pokušao sa izvesnom koordinacijom rada Glešir iz magnetnometeorološkog odeljenja Griničke opservatorije. To se desilo u zaista posebnim okolnostima. Naime, 1840. godine, statističko odeljenje tzv. „Glavnog registra" započelo je Studiju o povezanosti nekih socijalnih činilaca (prvenstveno broj umrlih) i meteoroloških fenomena. Za ovu potrebu Glešir je sakupio rezultate osmatranja sa meteoroloških stanica. U 1845. godini, bilo je 9 stanica, da bi 1875. godine, bilo 50 stanica. Ove podatke je publikovao zajedno sa grafikonima o broju smrtnih slučajeva u Engleskoj u periodu od 20 godina.

Prvi zvanični meteorološki centar u Engleskoj osnovan je 1855. godine, pod nazivom „Meteorološko odeljenje ministarstva trgovine". Za direktora je postavljen admiral Fic Roj. Glavni posao Odeljenja je bio da prikuplja, proverava i analizira podatke meteoroloških osmatranja sa brodova i priobalja. Ovakvi poslovi su bili logični, s obzirom na razvijenost mornarice.

Posle smrti Fic Roja (samoubistva zbog odgovornosti za loše prognoze vremena), 1866. godine, osniva se Meteorološka služba (Meteorological office) koja je izdvojena iz Ministarstva trgovine. Služba je bila pod upravom Meteorološkog komiteta Kraljevskog društva. Tada je godišnji budžet službe iznosio 4500 funti sterlinga. Službu su sačinjavala odeljenja za pomorsku meteorologiju, meteorološke telegrafske izveštaje i agrometeorologiju.

Kao i ranije, pomorska meteorologija je igrala važnu ulogu. Od 1867 – 1874. godine, to odeljenje je opremilo brodove Kraljevske mornarice i trgovačke brodove sa 1287 barometara, 1154 aneroida i 6976 termometara. Svi instrumenti su prethodno pregledani u Kju opservatoriji. Za 10 godina, počevši od 1876. godine, od samo jedne trgovačke flote sakupljeno je 845

brodskih dnevnika u kojima su se nalazila meteorološka osmatranja sa svih mora od Grenlanda do Australije. Iz godine u godinu broj izveštaja se povećavao. U periodu 1913 – 1914. godine, taj broj je bio 279 godišnje.

U prvom periodu Englezi su nastojali da pronađu najbolje rute za plovidbu. Tada su vršili posebno često meteorološka merenja. Tako je tokom 1876. godine, iznad jedne male oblasti okeana (između 10°S i 20°N i između 10°W i 40°W) sakupljeno je 125 000 osmatranja. Sakupljeni podaci su obrađeni u obliku „klimatološkog opisa jednog kvadrata okeana". Ovaj posao u pomorskom odeljenju je bio vrlo naporan i prioritetan. Poslovi oko „kontinentalne" meteorologije su bili sekundarni.

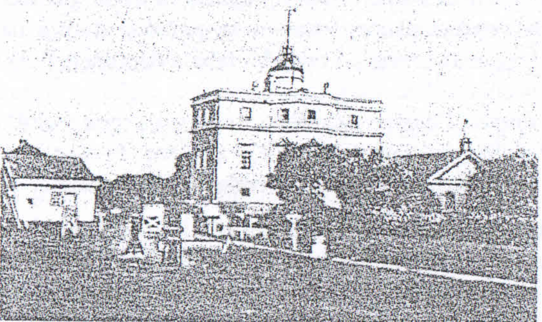
Na kopnu od 1868. godine, vrše se uzorna merenja na 7 prvoklasnih opservatorija: Kju, Aberdin, Armai, Stoniharst, Glazgov, Volendije i Falmout. Sva meteorološka merenja sa ovih stanica publikovana su redovno u „Quarterly Weather Report" od 1. septembra 1868. godine. Ovi podaci su predstavljali vrednu naučnu osnovu za poznatu studiju nastanka hladnog fronta u „Bergenskoj školi". I ovde bi trebalo napomenuti da su sva meteorološka osmatranja u Britaniji bila dobrovoljna. Neka su vršena u okviru meteorološkog društva (kasnije nazvanog Kraljevsko meteorološko društvo) a neka u okviru Škotskog meteorološkog društva. Prvo pomenuto društvo je osnovano na inicijativu Glešira, u Londonu, 1850. godine.

Meteorološko društvo je raspravljalo o osnivanju meteoroloških stanica i organizaciji fenoloških osmatranja. Program fenoloških osmatranja su uradili 1874. godine, zajedno sa drugim srodnim društvima, da bi već 1876. godine otpočeli sa osmatranjem na 22 stanice. Od 1866. godine, Društvo počinje da publikuje svoj časopis „The Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society" – Četvoromesečni časopis kraljevskog meteorološkog društva.

Trebalo bi napomenuti da je merenje padavina bilo u potpuno drugoj organizaciji, koja se zvala „British Rainfall Organisation" – Britanska organizacija za padavine. To je privatna organizacija koju je organizovao 1859. godine Simons (1838 – 1900). Kasnije je ta organizacija imala podršku od Britanskog udruženja za širenje nauke. Organizacija za padavine je vršila merenje padavina takođe na dobrovoljnoj osnovi. U celoj Britaniji je vršeno merenje na 453 padavinske stanice u 1862. godini, 2100 u 1877. godini i na 4200 stanica u 1903. godini. Za merenja su korišćeni različiti kišomeri. Najčešće su bili oni koji su vrlo slični po izgledu današnjim, ali su imali prijemni deo samo jednu stopu (30,48 cm) iznad zemlje (znatan deo kišomera je bio ukopan u zemlju). Podaci merenja su se štampali godišnje i bili su od velike koristi zemljoradnicima. Od 1919. godine, organizacija merenja padavi-

na prelazi u nadležnost Britanske meteorološke službe.

U Britaniji je radilo nekoliko poznatih opservatorija. Grinička i Kju su najpoznatije. Na Griničkoj opservatoriji je bilo odeljenje za magnetizam i meteorologiju. Kju opservatorija je sazidana na periferiji Londona 1769. godine, sl. 7.4, kao astronomska opservatorija. Na njoj se vrše meteorološka merenja od 1772. godine. Na početku su merenja bila neredovna i od slabe vrednosti za naučne potrebe. Stanje se popravilo kada je Opservatorija 1842. godine prešla u nadležnost Britanskog društva za unapređenje nauke. Od 1852. godine direktor je bio Ronalds, a od 1852. do 1859. godine, dobro poznati naučnik Velš. Posle 1871. godine, Kju opservatorija prelazi u nadležnost meteorološke službe.



Sl. 7.4. Kju opservatorija snimljena 1935. godine.

Vrlo važna delatnost na Opservatoriji je bila izrada instrumenata. Izrađivani su najrazličitiji vrlo kvalitetni meteorološki instrumenti, ali i za merenje magnetizma. Naročito su bili poznati registrirni instrumenti. Kju opservatorija je opremila svih sedam pomenutih opservatorija sa barografima, termografima i drugim instrumentima snabdevenim fotografskim zapisom osmotrenih podataka. Bekli, jedan od ljudi koji su proizvodili instrumente, napravio je anemograf i pluviograf 1869. godine, sa mehaničkim mehanizmom za zapisivanje. Na Opservatoriji su vršili i baždarenje instrumenata. U toku 1876. godine, baždarili su 4000, a u toku 1890. godine 20 000 instrumenata. Takav rad je omogućio Opservatoriji veliki prihod.

7.4. Organizacija meteorologije u Italiji

Italija je početkom XIX veka bila pretežno poljoprivredna zemlja. Stručnjaci iz poljoprivrede i šumarstva su se bavili analizom meteoroloških uslova. Često su osnivali fondove da se vrše odgovarajuća eksperimentalna istraživanja, u okviru kojih su bila uključena i meteorološka. Naročito su ih interesovale padavine. Mnogi naučnici, amateri istraživači i drugi, vršili su meteorološka merenja i izrađivali meteorološke studije. Sve italijanske astronomske opservatorije su vršile meteorološka merenja, u Milanu (osnovana 1760), Padovi (1767), Rimu (na koledžu Romano, 1787 na Torinskom univerzitetu (1820), itd. Mnogi priznati astronomi, kao Seči i Tačini, su se bavili konstrukcijom meteoroloških instrumenata i pisali meteorološke studije.

Kao što smo istakli ranije, prvi pokušaj da se organizuje meteorološka mreža stanica bio je u XVII veku u Firenci. Jedan vek kasnije direktor astronomske opservatorije u Padovi Taoldo (poznat po analizama uticaja Meseca na vreme) ponovo je pokušao sa uspostavljanjem mreže stanica. Uspeo je da za to zainteresuje 60 osmatrača širom Italije. Od njih je sakupio puno osmotrenog materijala i iz ranijeg perioda. Na osnovu tih podataka je kasnije (1839. godine) urađena studija „Opis klime i vegetacije u Italiji". Studiju je uradio Šou, poznati danski klimatolog i botaničar.

Sadašnju mrežu meteoroloških stanica osnovao je 1860. godine profesor Frančesko Denza sa Karlo Albertovog koledža u Moncalijeri (blizu Torina). Denza je organizovao meteorološko osmatranje na njegovom koledžu 1859. godine. To je bila najbolja stanica u to doba, zašta je od Vlade dobio materijalnu nadoknadu za osmatranje. Denza je organizovao mrežu stanica, naročito u severnoj Italiji, koja je bila poznata pod nazivom „Alpsko – Apeninsko meteorološko udruženje". Mnogi pojedinci su privatno uzeli učešće u ovom projektu. Broj stanica u mreži se povećavao. Bilo je 28 stanica 1873. godine, i 113 u 1879. godini.

Opservatorija u Moncelijeri je 1872. godine organizovala kišomernu mrežu i počela da publikuje podatke o merenjima. U Italiji je 1876. godine osnovana Centralna meteorološka služba „Ufficio Centrale di Meteorologia", umesto pre toga osnovane Direkcije za meteorologiju pri Ministarstvu za poljoprivredu, industriju i trgovinu (osnovano 1864. godine). Merenja su vršena u 9, 15 i 21 sat. U mrežu od 38 stanica od 1878. godine, uključene su i tri visinske stanice, Stelvio (2543 m), Kol di Valdobia i mali Sv. Bernard. U južnoj Italiji su organizovali privatnu mrežu, oko 1877. godine, profesori de Đorđi i Fitipandi.

U međuvremenu je organizovano dosta eksperimentalnih stanica za potrebe poljoprivrede i šumarstva. Na tim stanicama su uz ostale instrumente korišćeni i radiometri koji su merili ukupnu energiju zračenja. Uređaj se sastojao od dve povezane kugle, crno i belo obojene. U beloj je bila isparljiva tečnost. Količina isparene tečnosti je služila kao mera ukupne apsorbovane toplote od Sunca.

U okviru Ministarstva za poljoprivredu je takođe organizovano merenje padavina. U Italiji je 1894. godine bilo ukupno preko 100 stanica II klase i 550 stanica koje su merile temperaturu, vetar i padavine.

Na Opservatoriji u Milanu postoje neprekidna meteorološka merenja od 1763. godine. Direktor Opservatorije Šipareli je 1876. godine organizovao mrežu stanica za praćenje oluja. Nastojao je da sakupi što detaljnije informacije o olujnim oblacima. Upotrebljavao je čak merače za merenje visine i azimuta mesta gde se pojavi munja. Tim merenjima Šipareli nije bio zadivljen, ali su osnovni podaci o kiši, gradu i vremenu nailaska oluje, bili detaljni i tačni. I u Italiji je razvoj meteorologije bio usmeren prema rešavanju praktičnih problema, oluja, padavina, što je bilo vrlo značajno za poljoprivredu.

7.5. Razvoj meteorologije u Belgiji

U Belgiji su glavne meteorološke aktivnosti bile na Kraljevskoj astronomskoj opservatoriji u Briselu. Njen direktor je bio **Ketelet** (1796 – 1974) sl. 7.5.



Sl. 7.5. J. Ketelet.

On je 1823. godine napravio plan rada Opservatorije. Plan je prihvaćen 1826. godine i sa izgradnjom je otpočeto narednih godina. U planu rada Ketelet je naveo: „... Nemoguće je analizirati osmatranja (astronomska) bez poznavanja strukture atmosfere i zemlje“. Zato je od samog početka postojalo odeljenje za magnetne i meteorološke studije. Redovna meteorološka merenja su otpočela 1. januara 1833. godine, a fenološka osmatranja 1839. godine.

Ketelet je primenjivao opšte statističke metode za obradu meteoroloških podataka. On je napisao obimnu monografiju o klimi Belgije (1845 – 1857). Dopunjeno izdanje je štampano 1867. godine, pod nazivom „Meteorologija Belgije u poređenju sa onom u svetu“. S obzirom da je Belgija mala zemlja, sa uniformnom podlogom, nije se javila preka potreba da se meteorološka merenja vrše u više mesta. Ketelet je za neke stanice obezbedio instrumente, ali se nije obraćala pažnja na njihov rad, kontrolu, sakupljanje niti publikovanje podataka.

Sadašnju mernu mrežu je uspostavio Keteletov naslednik Huzo. On je 1. januara 1878. godine osnovao tri „međunarodne meteorološke stanice“ i 30 klimatoloških stanica. Od tog vremena, osmatranja su vrlo redovna i kvalitetna. Osmatranja su vršena dva puta dnevno u neuobičajeno vreme, 8 i 13 sati. Po ugledu na Francuze, i oni, 1870. godine, osnivaju mrežu u preko 100 tačaka za praćenje olujnih oblaka. Meteorološka služba Briselske opservatorije je 1898. godine počela da radi kao odvojena institucija, sa direktorom Lankastelom.

7.6. Razvoj meteorologije u Holandiji

Holandski meteorološki institut u Utrehtu počeo je sa radom 1854. godine. Pet godina pre ovoga, poznati naučnik **Bis – Balot** (1817 – 1890) izgradio je malu magnetnu opservatoriju u Sonenbergu. To je ustvari bio mali podrum u zemljanom nasipu. Tu je Bis – Balotov asistent Krek vršio meteorološka osmatranja od samog početka. Holandski kraljevski institut je nastao 1. februara 1854. godine sa tim merenjima. Posle toga, Bis – Balot je osnovao mrežu od četiri stanice (Utreht, Groningen, Gelder i Vlisingen). Opremljene su pisačima, a osmatranja su vršena u 8, 14 i 20 (ili 22) časa. U toku 1905. godine bilo je ukupno 15 takvih stanica i 200 stanica koje su merile padavine, fenološka i druga osmatranja. Od 1849. godine, podaci su štampa-

ni u „Meteorološkom godišnjaku Holandije". U tom godišnjaku su štampana osmatranja i iz drugih oblasti Evrope, pa čak i dalje, iz Nagasakija, Panamariboe i Buenos Airesa. Očigledno je Bis – Balot nastojao da pomogne međunarodne meteorološke publikacije.

Holandija je imala dosta kolonija, naročito u jugoistočnoj Aziji. Zato su posvetili veliku pažnju meteorološkim osmatranjima na brodovima. Osnovan je poseban centar za prikupljanje tih podataka u okviru Meteorološkog instituta. Oni koji su imali najbolje brodske dnevnike meteoroloških osmatranja, nagrađivani su zlatnim i srebrnim medaljama.

Holandija je bila prva zemlja koja je prihvatila rezoluciju Briselske meteorološke konferencije od 1853. godine. Odmah su počeli da šalju podatke brodskih osmatranja u Vašington. Holandski meteorološki institut je prvi u Evropi počeo da štampa pomorske meteorološke karte pedesetih godina, i to: Holandske karte pasata (trgovačkih vetrova) 1856. godine; karte vetrova severnog Atlantika, 1856. godine; opšte karte vetrova 1860. godine; kolekciju karata olujnih vetrova, kiša, grmljavinskih oluja i magla, 1862. godine i mnogih drugih. Vidi se da je Holandija prilagodila meteorološku službu potrebama velike pomorske sile.

7.7. Razvoj meteorologije u Nemačkoj

Meteorološka služba Nemačke je dugo vremena bila pod uticajem političkih podela koje su vladale Nemačkom sve do 1870-ih godina. Male nemačke države (čak ni velika Pruska) nisu bile u stanju da reorganizuju, čvrsto ujedine i uniformišu meteorološku mrežu, da počnu sa istraživačkim radom i sa primenom tih rezultata u praksi.

Pruski meteorološki institut je osnovan u oktobru 1847. godine, kao naučno odeljenje Pruskog statističkog zavoda. **Aleksandar Humbolt** je najviše doprineo organizaciji njegovog rada. On u pismu Vladi opisuje potrebu za takvom institucijom: „... Toplota i vlaga su najvažniji elementi za život biljaka, i bez brojčanih podataka o promenljivosti ova dva faktora u toku mnogih godina, ne može se govoriti o prinosima od biljaka u ravnici i planinama". Zbog ovoga, glavni cilj Instituta beše razvoj agrometeorologije.

U okviru Instituta je radilo 35 stanica 1848. godine. Direktor Instituta, **Malman** (1811 – 1848) uložio je veliki trud u toku 1847 – 1848. godine,

da kontroliše rad stanica i da ih snabde instrumentima. Osmatranja su vršena u 6, 14 i 22 (ili 21) sati. On je napisao Uputstvo za osmatranja. Napisao je značajno delo „O srednjoj raspodeli toplote na zemljinoj površini".

Od 1849. do 1879. godine, Institutom rukovodi **Dove** (o čijem značajnom radu će biti reči u narednom poglavlju). Posle njegove smrti Institutom rukovodi i Arnt, zatim Helman i od 1885. do 1907. godine, Bezold, poznat po radovima o termodinamici atmosfere.

Dugo godina Institut nije imao svoju opservatoriju. U Podzdamu je sazidana opservatorija u toku 1889 – 1891. godine. Sa magnetnim merenjima na njoj počinje se 1890. godine, a sa meteorološkim 1893. godine. Direktor Opservatorije je bio **A. Sprung** (1848 – 1909). On je konstruisao mnoge instrumente za Opservatoriju (balans barograf, automat za oblake – fotografisanje oblaka, itd). Otpočinje sa aktinometrijskim merenjima, registruje zračenje zemlje, gradijent električnog polja, jone.

U drugim nemačkim državama, meteorološka služba je počela sa radom kasnije nego u Pruskoj. U Bavarskoj je glavna meteorološka stanica počela sa radom u Minhenu 1878. godine, pod rukovodstvom Bezolda. Tokom 1882. godine, u Bavarskoj je radilo 45 stanica I, II i III reda i veliki broj stanica za praćenje oluja. U to vreme, u državi Baden radilo je 16 stanica, u Vitembergu 24, itd.

7.8. Razvoj meteorologije u Norveškoj

Za osnivanje meteorološke službe u Norveškoj, odlučujuću ulogu je imala velika potreba za meteorološkim izveštajima o vremenu za ogromne ribarske flote i trgovačke brodove. Direktor telegrafske službe Nilsen, meteorološkim instrumentima je 1860. godine opremio pet svojih stanica. Sa tih stanica su telegrafski slali izveštaje u Kristijani (današnji Oslo), i u Parisku opservatoriju, koja je u to vreme otpočela sa izradom redovnih prognoza vremena.

Osmatrač vremena na Astronomskoj opservatoriji u Kristijaniju, 1864. godine je bio **Mon** (1835 – 1917) sl. 7.6. On je poslao Politehničkom društvu izveštaj pod naslovom „Savremena meteorologija i prognoza vremena". Ovaj izveštaj je izazvao mnoge reakcije. Društvo je formiralo jednu grupu koju su sačinjavali profesori univerziteta (Firnli, Kristine i Saks), Nilsen i

direktor luka Rol. Grupa je sačinila plan studija katedre za meteorologiju na univerzitetu i za specijalne meteorološke institute.

Naredba o osnivanju Meteorološkog instituta potpisana je 28. jula 1866. godine. Mon je postavljen za direktora, sa dva asistenta. Institut je otpočeo sa radom decembra 1866. godine. Imao je ukupno 7 stanica (uz prethodnih 5 stanica, otvorena je stanica u Bergenu i Kristijaniju). Zahvaljujući značajnoj pomoći trgovačke i ribarske flote, budžet Instituta je značajno povećan, pa je Mon zaposlio još 9 osoba na Institutu, i povećao broj stanica II reda na 80, a kišomernih stanica na 450.



Sl. 7.6. H. Mon.

Izmereni podaci sa ovih stanica su omogućili izradu velikog broja klimatoloških studija. Najznačajnija je „Klima – Atlas Norveške", koju je napisao Mon. Ta studija je dopunjena podacima od 1874. do 1914. godine i štampana za jubilej Instituta 1917. godine.

Naučna aktivnost na Institutu je bila vrlo plodna iz mnogih oblasti meteorologije. Rezultati naučnog rada su publikovani u mnogim studijama. Prva je bila „Atlas oluja Norveškog instituta za meteorologiju", koja je štampana 1870. godine. Sledili su mnogi teorijski radovi o kretanju atmosfere. Naročiti doprinos nauci je bio rad Mona i **Guldberga** (drugog profesora univerziteta) o trenju vazduha. Poznat je Mon – Guldbergov izraz za trenje. Institut je aktivno učestvovao u mnogim meteorološkim ekspedicijama, uključujući osmatranja za potrebe Međunarodne polarne godine tokom 1882 – 1883. godine.

U okviru međunarodnog plana, u Norveškoj su organizovana osmatranje oblaka 1895. i 1896. godine. Podaci o tome publikovani su 1900. godine. To su bili prvi pokušaji da se sistematski osmatraju procesi u višim slojevima atmosfere. Za analizu stanja atmosfere po visini, u Kristijaniju je 1909. godine otpočelo pilot – balonsko merenje. Opservatorija u Oslu je otvorena 1906. godine, gde su se, pored drugih merenja, vršila merenja atmosferskog elektriciteta.

7.9. Razvoj meteorologije u Švedskoj

Prva meteorološka mreža u Švedskoj organizovana je u periodu 1856. do 1858. godine, u okviru Švedske akademije nauka, na inicijativu **Edlunda**. Akademija je u Stokholmu osnovala 1873. godine Centralani meteorološki institut (Meteorologiska Centralanstalt). Za direktora je postavljen Edlund. U 1879. godini je bilo 32 stanice II reda, a 1906. godine 38. Švedsko poljoprivredno društvo je 1876. godine osnovalo kišomernu mrežu na više od 200 mesta. Tome je naročito doprineo **Hildebrandson**, direktor Opservatorije u Upsali. Na toj Opservatoriji su vršena meteorološka merenja od 1722. godine, ali su podaci štampani tek 1855. godine. Opservatorija je organizovala program merenja za potrebe poljoprivrede 1869. godine. Merenja i osmatranja su obuhvatala: olujne oblake, štete od grada, noćne jesenje i prolećne mrazeve, kao i otapanje i leđenje na mnogim rekama i jezerima u Švedskoj. Posebno su po prvi put vršena mikroklimatska merenja temperature vazduha na više nivoa iznad tla. Osmatrana su kretanja cirusnih oblaka. Takva kretanja oblaka Hildebrandson je organizovao na 21 stanici, sa ciljem da izučava strujanje vazduha na visini. U Stokholmu je 1878. godine osnovano i malo odeljenje za nautičku meteorologiju (Nautisk Meteorologiska Buran). Na malom broju brodova vršila su se merenja prilikom plovidbe Atlantikom.

7.10. Razvoj meteorologije u Španiji

Francisko Fernandez Navaret uradio je još 1737. godine plan za osnivanje mreže meteoroloških osmatranja. Predlog je upućen Kraljevskoj medicinskoj akademiji u Madridu. Dve do tri godine neki članovi Akademije su slali izveštaje o vremenu, ali je uskoro ta aktivnost zamrla.

Predsednik Kraljevskog saveta Kampomani je 1784. godine izdao naredbu načelnicima gradova i rukovodiocima sela da šalju informacije o osmatranjima vremena posle svake dve nedelje. Nikakva merenja sa instrumentima nisu vršena, samo osmatranja. Ova naredba je poštovana sve do početka XIX veka. Posle završetka Španskog rata za nezavisnost, 1814. godine, zahtev je obnovljen i osmatranja su vršena do oko 1834. godine. Ove informacije su očigledno sakupljane u dugom periodu, ali sa naučne tačke gledišta nisu naročito upotrebljive.

Slično kao u drugim zemljama, Astronomska opservatorija u Madridu je služila kao meteorološki centar za Španiju. Opservatorija je sazidana 1847. godine. U meteorološkom odeljenju odgovorni čovek je bio Riko Sinobas. Kraljevim ukazom od 8. oktobra 1850. godine, obezbeđen je rad 23 stanice na univerzitetima i nekim školama (Institutos de segunda ensenanza). Na početku su merenja bila slabo organizovana, da bi se u periodu 1858 – 1865. godine, kontrolom „Statističke komisije" (Junta de Estadistica) stanje popravilo. Merenja su vršena u 9 i 15 sati svakog dana. U toku 1879. godine bilo je 22, a 1900. godine 42 stanice.

Najbolje su bile opremljene stanice u okviru pomorskog instituta na Opservatoriji San Fernardo, koje su radile od 1850. godine. I na španskim brodovima se uvode organizovana merenja 1874. godine.

7.11. Razvoj meteorologije u Austro – Ugarskoj

Za vreme osnivanja meteoroloških ustanova Austrija, Mađarska i Čehoslovačka su činile Austro – Ugarsku carevinu. Meteorološka osmatranja u Austriji počinju u XVIII veku. Pored onih u Pilgramu, Beč (1762 – 1786) vršena su i osmatranja u okviru poznate Astronomske i meteorološke opservatorije u Benediktanskom manastiru u Kremsminsteru. Meteorološka merenja su počela 1763. godine, a magnetna 1838. godine. Meteorološka osmatranja u Austriji su objedinjena u jedan sistem u XIX veku, posle osnivanja Akademije nauka u Beču 1847. godine. Godinu dana posle toga Baumgartner, potpredsednik Akademije, priložio je veliku sumu novca kojim su za stanice nabavljeni instrumenti. U okviru Akademije osnovana je komisija. Ta komisija je postala Centralni institut za meteorologiju i zemljin magnetizam (Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus). Ukazom Vlade od 23. juna 1851. godine, **Krel** (1798 – 1865) je postavljen za direktora. Na

Institutu su počela merenja 1852. godine, a 1872. godine, u novoj zgradi u Deblingu, severozapadna prigradska zona Beča. Institutom je rukovodio **Jelinek** (1822 – 1876) profesor iz Praga. Jelinek je organizovao štampanje meteoroloških izveštaja i osnovao odeljenje prognoze vremena, za koje je sazidana nova zgrada.

Posle 1871. godine je osnovan Mađarski institut, cela mreža u Austro – Ugarskoj je bila pod upravom Instituta u Beču. Broj stanica je naglo rastao, od 177 u toku 1874. godine, do 400 u toku 1908. godine. U mreži je bilo više od 2200 kišomernih stanica. I ovde su osmatranja bila na dobrovoljnoj bazi. Uprkos tome, disciplinovano se radilo na stanicama. Jelinekovo „Uputstvo za meteorološka osmatranja" je služilo kao primer u drugim zemljama.

Posle Jelinekove smrti (1876) direktor Instituta postaje **Han**. On je razvio sinoptičku meteorologiju i klimatologiju. Han i Jelinek su pomogli osnivanje Austrijskog meteorološkog društva 1863. godine, (koje je potvrđeno 1865. godine). Časopis društva „Zeitschrift Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie" je kasnije preimenovan u poznati međunarodni časopis „Meteorologische Zeitschrift".

Po dobijanju izvesne autonomije, u Budimpešti se 8. aprila 1870. godine osniva Mađarski centralni institut za meteorologiju i zemljin magnetizam.

7.12. Razvoj meteorologije u ostalim evropskim zemljama

U Portugaliji se meteorologija razvija kasnije od većine drugih zemalja. Posle Meteorološke konferencije u Briselu 1853. godine, Peđado je sačinio plan za izgradnju meteorološke opservatorije u Lisabonu i za mrežu meteoroloških stanica. Gradnja opservatorije je počela 1853. godine. Meteorološka merenja su počela odmah po njenoj izgradnji, 1. oktobra 1854. godine, a magnetna 1857. godine. Opservatorija je bila pod upravom Politehničke škole Ministarstva mornarice. Posle Peđada, direktor je bio Silva, a od 1856. do 1874. godine, Silveira. On je puno doprineo razvoju meteorologije. 1861. godine stanice su bile pod upravom Medicinske akademije. Na Azorima i Madeiri izgrađene su stanice 1865. godine. Broj stanica je porastao od 11 u 1879. godini na 13 u 1905. godini. Veza između opservatorije i meteoroloških stanica u portugalskim kolonijama Angoli i Makau je bila vrlo sla-

ba. Dobra meteorološka i magnetna merenja su vršena od 1863. do 1866. godine, na Filozofskom fakultetu Univerziteta u Koimbra. Merenja na brodovima nisu bila brojna zbog relativno malog broja brodskih linija.

U Rumuniji su prva merenja vršena krajem XVIII veka. Ona su navedena u radu Raičevića „Osvrt na istorijske, prirodne i političke prilike u Vlaškoj i Moldaviji", koji je štampan u Napulju 1788. godine. Prva sistematska merenja su vršili 1839 – 1840. godine Pangrati i Stamati, instruktori Liceja u Jaši. U isto vreme optičar Koč je počeo merenja u Bukureštu. Nešto kasnije, osmatranja počinju u Ferestru, Sulini, Galati i drugim mestima. Rumunski meteorološki institut je osnovan 1884. godine, u Bukureštu, sa tri meteorološke stanice i 10 kišomernih stanica. Mreža se brzo širila, tako da je 1905. godine bilo 66 stanica, plus 350 kišomernih stanica. Opservatorija u Bukureštu je sagrađena 1888. godine, kada su počela seizmološka i meteorološka merenja. Od 1885. godine Institut je počeo sa izdavanjem „Anala", u kome su objavljivani naučni radovi i osmatranja iz Bukurešta. Od 1895. godine izdaju se dnevni bilteni vremena (bez prognoze vremena).

U Bugarskoj je bilo povremenih merenja u Sofiji i Rusi. Međutim, sistematska merenja počinju tek 1887. godine, u Sofiji. Vršio ih je **Bačevarov** (1859 – 1926), profesor univerziteta. Meteorološka služba je osnovana 1890. godine, pod rukovodstvom Vasova (1856 – 1928) poznatog bugarskog pedagoga. On je napisao priručnik o organizaciji meteoroloških merenja. Bugarski meteorološki institut je 1893. godine raspolagao sa 8 stanica II reda i 55 kišomernih, da bi 1926. godine bilo 55 stanica II reda i 125 kišomernih.

7.13. Razvoj meteorologije u Kini i Japanu

U Kini su pravljeni brojni meteorološki instrumenti a merenje padavina i vlage vršili su više vekova pre nove ere. Beležili su vedre i oblačne dane. Ipak, koliko je poznato, merenja pritiska, vetra i drugih pojava, vršio je jedan Englez pod imenom Kaningam, od oktobra 1698. godine do januara 1699. godine u Amoi. Ti podaci su objavljeni u „Philosophical Transactions" za 1699. godinu. Kasnije, od 1757. do 1762. godine, Jezuitski misionar Jozef Amiot merio je u Pekingu dva puta dnevno pritisak, oblačnost, vlažnost, smer vetra i beležio oluje. Kratku seriju osmatranja u Pekingu (od decembra 1830. do juna 1831. godine) vršio je Fus, koji je pratio Rusku misiju u Pekingu 1830. godine. Od 1. januara 1841. godine, ova Misija je redovno vršila merenja. Od 1849. godine, magnetna i meteorološka merenja su vršena na opservatoriji koja je izgrađena po odobrenju Ruske misije, sve do 1883. godine. U 1873. godini Jezuiti su osnovali Meteorološku opservatoriju blizu Šangaja. Carinska služba Kine je učestvovala u osnivanju mreže stanica u dolini reke Jangce.

Dugo godina je Japan bio izolovan od tehničkih i naučnih dostignuća Zapada. Sredinom XIX veka oni su došli u kontakt sa evropskom kulturom. Prva meteorološka osmatranja su organizovana 1862. godine, u Jokohami, 1872. u Hokaidu i 1875. godine u Tokiju. Prva uputstva za merenja su štampana 1880. godine. Japanska meteorološka služba je osnovana 3. avgusta 1887. godine. Po dekretu, služba je bila pod upravom Opservatorije u Tokiju, koja je bila centralna opservatorija zemlje. Mreža se brzo širila, tako da je 1900. godine imala 80 stanica, od kojih su na 14 vršena satna merenja. Meteorološku stanicu su postavili čak na vrh Fudžijame (3700 m), svete planine Japana. Za razliku od drugih, na stanicama su radili dobro plaćeni osmatrači. Vršili su jako dobro osmatranja. Detaljno su beležili oluje. Prvu klimatološku studiju Japana, uradio je između 1894. i 1895. godine, Nakamure. Prvi priručnik pod nazivom „Savremena meteorologija", napisao je Okada 1901. godine.

7.14. Razvoj meteorologije u SAD

Prva meteorološka merenja u SAD vršio je Lining u Čarlstonu 1738. godine. Njegovo interesovanje za uticaj meteoroloških fenomena na širenje bolesti bio je podsticaj za razvoj meteorologije. Podsticaj je dolazio i zbog migracija u Novom svetu prema Zapadu i Jugu, u nove klimatske uslove.

Uspostavljanje meteorološkog sistema u SAD vezano je za ime **Jozefa Louvela**, generala armije od 1818. do 1836. godine. On je pisao: „Uticaj vremena i klime na bolesti, posebno na epidemijska oboljenja, je dobro poznat..., klimatske studije omogućuju da se otkrivanje uzroka tih bolesti učini moguće". Od 1819. godine osmatranja su počela na mnogim vojnim lokacijama. Te podatke je 1840. godine, pošto su sakupljeni, analizirao Espi, prvi naučnik meteorolog u Americi.

Na Njujorškom univerzitetu je 1825. godine organizovano merenje temperature i padavina i vršeno je do 1850. godine. Između 1837 i 1845. godine, Franklinov institut u državi Pensilvaniji je osnovao jednu mernu mre-

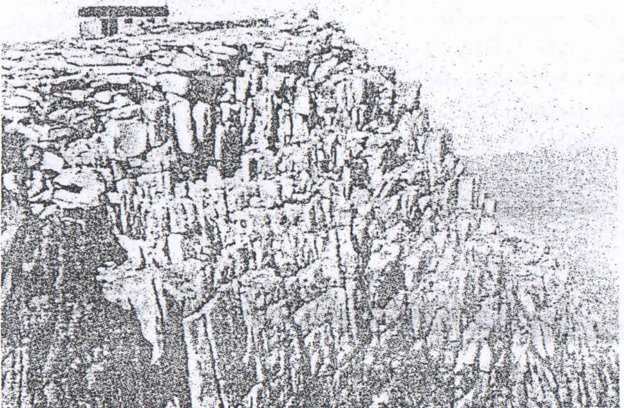
žu. Od samog osnivanja, Smitsonov institut je pokazao interesovanje za meteorologiju. Ova svestrana naučna organizacija je osnovana u Vašingtonu zaveštanjem **Džona Smitsona** (Engleza koji je umro 1829. godine). Smitsonov institut je nastojao da organizuje „široki sistem meteoroloških osmatranja sa ciljem da se reši problem američkih oluja". Sekretar Instituta, Henri (1799 – 1878) poslao je cirkularno pismo 1848. godine svim zainteresovanim stranama koje mogu učestvovati u ovom osmatračkom sistemu. Krajem 1849. godine zainteresovanih dobrovoljaca je bilo 150. Njima su dati instrumenti, standardni barometri i termometri kupljeni u Londonu i Parizu. Napisano je i uputstvo (štampano 1850. godine). Na ovaj način sakupljeni su brojni podaci. U to vreme pojavili su se brojni radovi poznatih naučnika Espija, Slota i Kofina. Kofin je napravio zbornik odabranih klimatoloških radova pod nazivom „Vetar na Zemaljskoj kugli". Smitsonov institut je dao značajnu podršku za aktinometrijska (zračenje) istraživanja. Tako, Smitsonov institut je dao ogroman doprinos razvoju američke meteorologije. Vlada je organizovala jednu drugu organizaciju u okviru vojske pod nazivom „Signal Service" – Služba javljanja. Početkom 1870. godine, sav meteorološki rad u Americi prelazi u Službu javljanja, koja se u najvećoj meri sastojala od poslova sinoptičke meteorologije.

Veliku ulogu u osnivanju meteorološke službe u Americi imao je **Mier**. On je došao u Službu javljanja 1860. godine, kada je ovoj službi pridavan veliki značaj za vreme Građanskog rata (1861 – 1865). Po završetku rata, Služba javljanja je znatno smanjena, ali je Mier uvideo značaj Službe vremena i u mirnodopskim uslovima. Tada se osniva Služba vremena čiji je osnivač vojska. Mier postaje 1867. godine brigadni general. Trebalo bi napomenuti da su većinu zaposlenih u Službi vremena sačinjavali civili. Na samom početku (1870), Služba vremena je bila u bliskim odnosima sa Smitsonovim institutom.

Mreža stanica se brzo širila. Bilo je 1904. godine 200 stanica sa plaćenim osmatračima i 3700 volonterskih (koji su merili temperaturu, padavine i pojave). Stanice su postavljane tako da zadovolje potrebe dinamičke meteorologije i prognoze vremena, a ne klimatološke. Naime, smatrali su, kao što je istakao veliki naučnik, meteorolog **Abe**, 1893. godine, „...Samo kada rešimo osnovne probleme meteorologije, biće moguće rešavati probleme obične klimatologije". Osmatranja za klimatološke potrebe su vršena u 7, 14 i 21 sat.

I organizacija praćenja oluja je prekrila veliku oblast. Prve godine kada je Služba javljanja preuzela ovaj posao (1884), bilo je pripremljeno više od 13 000 izveštaja. Služba javljanja nije imala specijalnu meteorološku

opservatoriju za naučna istraživanja. Smatrali su da bi takve opservatorije trebalo da budu na planini. Tako je 1870. godine, uključena u rad Opservatorija na planini Vašington u Nju Hemširu (visina 1619 m). U oktobru 1873. godine počela je sa radom meteorološka stanica na najvišoj nadmorskoj visini na svetu, Pankov vrh u Koloradu (visina 4311 m), sl. 7.7.



Sl. 7.7. Opservatorija Pankov vrh.

U međuvremenu, bilo je onih koji su mislili da bi Služba javljanja trebalo da bude civilna organizacija. Njeno držanje u okviru vojske je bilo suviše veštačko. Zbog toga je 1. jula 1891. godine meteorološka služba prešla u Ministarstvo poljoprivrede i dobila je naziv „United States Weather Bureau" – Služba vremena Sjedinjenih država. Direktor je bio profesor Harington (1848 – 1926). Pomorska meteorologija (opis klime mora) se razvijala potpuno samostalno. Njen razvoj se vezuje za **Maurija** (1806 – 1873), poručnika Američke mornarice. Sa 19 godina bio je kadet na brodu. Na brodu „Vincennes" od 1826. do 1830. prokrstario je ceo svet. Nesrećnim slučajem 1839. godine, Maurij je postao invalid i onesposobljen je za dalju vojnu službu.

Prešao je da radi u Američku hidrografsku službu 1841. godine. Odmah zatim postao je direktor te službe. Analizirao je meteorološke informacije iz brodskih dnevnika. Došao je do zaključka koja maršuta je najbolja kada se plovi iz Njujorka do Buenos Airesa. Kada se koristi Maurijev optimalni pravac određen preovlađujućim vetrom, put od Njujorka do Ekvatora pređe se za 24 sata, umesto dotadašnjih 41 sat. On je analizirao i druge rute, poznavajući klimatologiju okeana. Počeo je da štampa 1851. godine njegove poznate „karte morskih puteva", karte pasata, karte oluja i kiša, termičke ka-

rte, itd. Koristeći njegove karte, putovanje od Njujorka do San Franciska (oko južne Amerike) skraćen je sa 180 na 135 dana. Putovanje od Engleske do Sidneja i natrag, bilo je skraćeno sa 250 na 130 dana. Maurij je razdelio 20 000 kopija ovih karata besplatno, po celom svetu. Zauzvrat je tražio samo da mu pošalju poslednje osmatranje iz brodskog dnevnika.

Maurij je 1853. godine odštampao svoju knjigu „Physical Geography of the Sea" – Fizička geografija mora. Štampana je u više od 20 izdanja, i prevođena na više jezika. U njoj je jasnim jezikom opisivao morske struje (posebno Golfsku struju, salinitet mora, isparavanje, dubinu okeana, itd.). Opisuje atmosferu, klimu okeana, vetrove, oluje „oblačni prsten iznad Ekvatora" (oblaci koji nastaju zbog najjače konvekcije), itd. On je još tada analizirao ozon u atmosferi. Dovodio je u vezu ozon i smer vetra. Pisao je o opštoj cirkulaciji atmosfere, itd. Njegova dostignuća u popularizaciji meteorologije i okeanografije nisu ništa manje značajna od uspeha u sakupljanju velikog broja podataka o vetru i morskim strujama.

7.15. Uspostavljanje međunarodnih normi u meteorologiji

Do sredine XIX veka, meteorološka merenja su vršena u velikom broju zemalja sveta. Unutar pojedinih zemalja osnivaju se mreže stanica. Tada je bilo sasvim jasno da do daljeg razvoja meteorologije ne može doći ako se ne uspostave jedinstveni kriterijumi u pogledu načina merenja, tipa instrumenata i ako se podaci ne razmenjuju u svetskim razmerama. Da bi se sve to postiglo, trebalo je osnovati međunarodne institucije koje bi propisivale jedinstvene norme.

Na inicijativu američkog istraživača Maurija, Britanska i Američka Vlada su pozvale ostale zemlje na konferenciju u Brisel. Konferencija je održana od 23. avgusta do 8. septembra 1853. godine. Konferenciji su prisustvovali predstavnici Britanije, Rusije, Francuske, SAD, Danske, Belgije, Holandije, Norveške, Švedske i Portugalije. Predsedavajući Konferencije je bio belgijski meteorolog **Ketelet**. To je bila prva međunarodna meteorološka konferencija. Glavni cilj Konferencije je bio da se uspostavi trajna međunarodna saradnja u istraživanju meteoroloških uslova iznad mora. Postignut je dogovor o obliku dnevnika osmatranja koji bi se koristili na vojnim i trgovačkim brodovima. U dnevniku su obuhvaćena meteorološka, astronomska i magnetna merenja i osmatranja. Postignut je dogovor da se dnevnici po pri-

speću broda u luku moraju poslati odgovarajućim službama na analizu. Na Konferenciji su ustanovljeni termini merenja. Prihvaćene su Farenhajtova i Celzijusova skala za temperaturu i ustanovljeno je 10 tipova oblaka koje bi trebalo osmatrati.

Zaključke Briselske konferencije su odmah posle toga prihvatile i zemlje koji joj nisu prisustvovale, Pruska, Španija, Sardinija i Austrija. Već 1858. godine, ovakav sistem merenja na brodovima prihvatilo je 19 zemalja. Obrada meteoroloških osmatranja je vršena u SAD, Britanskom meteorološkom odseku i Holandskom meteorološkom institutu. Zahvaljujući tome, izrađeni su mnogi atlasi, različite karte itd.

Po uspostavljanju međunarodne meteorološke saradnje o merenjima na moru, bilo je logično da se uspostavi takva saradnja i za merenja na kopnu. U tom smislu, Maurij piše u pismu Keteletu oko 1860. god: „... Postaje vrlo očigledno da bi meteorolozi na suvom kopnu trebalo da rade zajedno sa mornarima...". Da bi se sastavljale vremenske karte trebalo je sakupljati podatke i sa kopna i mora. Nesumnjivo je to bio glavni motiv za osnivanje međunarodne meteorološke organizacije. Međusobna pisma su razmenjivali u tom smislu Vild, Jelinek i Bruns (1830 – 1881), direktor Astronomske opservatorije u Lajpcigu. U njihovom pismu poslatom meteorolozima sveta stoji: „Ako postoji ijedna oblast nauke koja ima koristi od jedinstvenog sistema, to je meteorologija". Ovo pismo su uputili Vild, Jelinek i Bruns meteorolozima svih zemalja u maju 1872. godine, pozivajući ih na konferenciju u Lajpcig. U pismu je još istaknuto i ovo: „Sada interes razvoja meteoroloških analiza zahteva najveću jedinstvenost metoda u različitim državama". U pismu je istaknuto 25 predloga sadržaja koji bi se razmatrali na konferenciji. Najviše ih se odnosilo na metode osmatranja. Konferencija se održala u Lajpcigu od 14 – 16. avgusta 1872. godine. Konferenciji su, pored velikog broja nemačkih naučnika, prisustvovale delegacije iz 15 zemalja. Na Konferenciji su se ispoljile velike razlike u mišljenju meteorologa, kako u pogledu najboljih instrumenata, načina njihovog postavljanja na mernom mestu, tako i o izboru mernih jedinica i vremena osmatranja.

Posle ovoga, usledio je Međunarodni meteorološki kongres, održan od 2 – 16. septembra 1873. godine, u Beču. Kongresu su prisustvovali predstavnici 20 vlada i meteoroloških službi iz većine evropskih zemalja i Amerike.



Sl. 7.8. Učesnici I međunarodnog meteorološkog kongresa u Beču, 1873. godine, kada je osnovana Međunarodna meteorološka organizacija.

Trebalo bi napomenuti da Kongresu nije prisustvovao poznati naučnik **Dove**, koji je u to doba bio direktor Pruske meteorološke službe. Na Kongresu je osnovan tzv. Stalni komitet. To je bila prva međunarodna meteorološka organizacija. Stalni komitet se zatim sastajao u Utrehtu (10 – 14. septembra 1874. i oktobru 1878. godine) u Londonu (18 – 23. aprila 1876. godine). Drugi međunarodni meteorološki kongres je održan u Rimu, 1879. godine. Posle toga, Međunarodni meteorološki komitet je zasedao u Bernu (1880), Kopenhagenu (1882), Parizu (1885), Cirihu (1889), Upsali (1894), Petrogradu (1899), Parizu (1900), Sautportu (1903), Parizu (1907), Berlinu (1910), Rimu (1913). Održavali su se i sastanci direktora meteoroloških službi u Minhenu (1891), Parizu (1896), Insbruku (1905), i posle I svetskog rata, u Parizu (1919).

Nije bilo lako doći do dogovora o jedinstvenim principima u meteorologiji. Tome su doprinele političke želje pojedinih država za dominacijom i nasleđene razlike u principima merenja. Tipičan je stav u ovom pogledu britanskog delegata Skota na Konferenciji u Lajpcigu. On je oštro istupio protiv stava meteorologa da se uvede Celzijusova skala za temperaturu. Takođe je smatrao da o tome ne mogu da odlučuju meteorolozi naučnici, već vlade država. Zbog toga je ostala u upotrebi do današnjih dana Farenhajtova skala u Britaniji i SAD. Ipak, kod većine je preovladavala želja za dogovorom. Tako su ruski meteorolozi 1870. godine prihvatili metrički sistem (koji je prvo uveden u Francuskoj) i Gregorijanski kalendar. Nije se bilo lako dogovoriti ni oko termina merenja. Zbog toga je u Beču doneta odluka da se prihvataju sledeće varijante termina merenja: 6, 14, 22; 7, 14, 22; 7, 13, 21; 7, 14, 21; 8, 14, 20; 9, 15, 21; 10, 16, 22; 8, 20; 9, 21 i 10, 22 sata.

U pogledu instrumenata, na Kongresu u Beču je dogovoreno da se

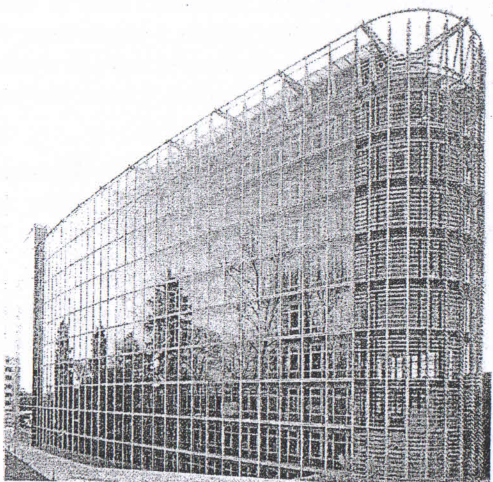
koristi higrometar sa kosom i aneroid barometar kao paralelni instrumenat živinom barometru. Za osmatranje oblaka usvojena je **Hauardova** klasifikacija oblaka. Ona je kasnije na Minhenskoj konferenciji donekle izmenjena predlozima **Aberkrombija i Hildebrandsona**. U Beču je bilo predloga da se osnuje Međunarodni meteorološki institut. Od ovoga se ipak odustalo zbog nedostatka novca. Kasnije, u Utrehtu (1874) su to i zaključili: „... Osnivanje dobro organizovanog instituta, koji bi se izdržavao iz međunarodnog fonda, je za sada neizvodljivo".

U okviru međunarodne meteorološke organizacije bilo je dogovora koji su imali veliki naučni značaj. Tako, uspostavljena je Međunarodna polarna godina 1882 – 1883. Podstrek za ovo je potekao od admirala Austrijske mornarice **Vajprehta** (1838 – 1881), 1875. godine. Naime, Austro – Ugarska monarhija je organizovala Arktičku ekspediciju 1872 – 1874. godine. Tada je otkrivena Zemlja Franje Josipa. Tada su stečena iskustva o osnovnim principima istraživanja tih oblasti u svim oblastima nauka. Vajpreht je naglasio da je naučni uspeh te ekspedicije mali zbog toga što su to skupi projekti. On je naglasio da cilj tih ekspedicija ne bi trebalo da budu geografska otkrića, već naučna istraživanja. Na Konferenciji u Hamburgu 1879. godine je osnovana Međunarodna polarna komisija. U Bernu je dogovoreno da se u okviru Polarne ekspedicije uspostavi osam polarnih stanica. Za to su bili zadužene Rusija, Austrija, Norveška i Danska. Osmatranja na tim stanicama su trajala od 1. avgusta 1882. godine do 1. septembra 1883. godine.

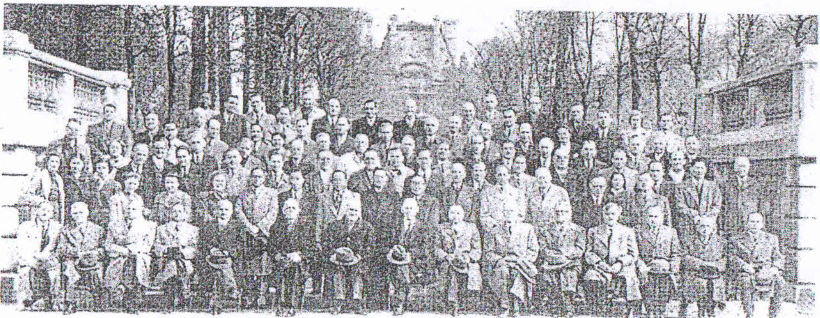
Za vreme Prve međunarodne polarne, godine vršena su brojna merenja meteoroloških i magnetskih elemenata. Ti podaci su bili dobra osnova za značajne naučne studije. Da bi se dodatno sagledali mnogi naučni problemi funkcionisanja prirode u polarnim oblastima, pola veka kasnije (1932 – 1933) organizovana je Druga međunarodna polarna godina. U tom periodu sovjetski meteorolozi su naročito značajno doprineli uspehu te akcije. Ostale zemlje Evrope i Amerike nisu dale značajan doprinos zbog finansijskih i političkih prilika. Ali, i dalje su bili prisutni jaki naučni razlozi da se sa ovakvom koordiniranom naučnom akcijom nastavi. Tako je 1957 – 1958. godine sprovedena Međunarodna geofizička godina. U tom periodu sprovedena su istovremena merenja u celom svetu.

Zahvaljujući naporima Međunarodne meteorološke organizacije, postepeno su uvođeni jedinstveni standardi u meteorologiji. Takva standardizovana merenja se razmenjuju, što je omogućilo da se izrađuju redovne dnevne prognoze vremena. Da bi funkcionisao takav sistem, uvidelo se da bi iza njega trebalo da stanu države svojim odlukama. Tako je 23. marta 1951. godine osnovana Svetska meteorološka organizacija, koju je Generalna skupština

Ujedinjenih nacija svojom rezolucijom iz 1951. godine priznala kao specijalizovanu agenciju Ujedinjenih nacija, sl. 7.8. Iza Međunarodne meteorološke organizacije nisu stajale direktno vlade zemalja. Svetsku meteorološku organizaciju (SMO), su osnovale vlade zemalja članica Ujedinjenih nacija. Tako, SMO je deo Ujedinjenih nacija. Vlade zemalja su sada garant stalnih prihoda ove organizacije za njene aktivnosti, dok to ranije nije bio slučaj. Sedište SMO je u Ženevi, sl. 7.10.



Sl. 7.9. Učesnici osnivanja Svetske meteorološke organizacije, 23. marta 1950. godine.



Sl. 7.10. Zgrada Svetske meteorološke organizacije u Ženevi (useljena 2001. godine).

Glava

8 OSNIVANJE SLUŽBI PROGNOZE VREMENA

8.1. Početni podsticaji

Prognoziranje vremena je bilo interesantno ljudima u raznim istorijskim razdobljima. Potrebu za prognozom zasnovanom na naučnim osnovama istakli su dva velika naučnika u XVIII veku, Lomonosov i **Lavoazje**. Lomonosov, sl. 8.1, je u svom delu štampanom u Petrogradu 1759. godine, „Rasprave o tačnosti pomorskih puteva" istakao sledeće: „Predviđanje vremena je i potrebno i korisno, jer seljacima su potrebna upozorenja, pošto bi im trebalo lepo vreme za vreme setve i žetve, a kiša im je potrebna da ublaži toplotu za vreme vegetacionog perioda. Na moru, mornari znaju od kakve bi im koristi bila obaveštenja o smeru vetra i o nailasku oluje". On dalje ističe: „Sve se ovo može postići pomoću teorije ako se raspolaže čestim osmatranjima na moru i u vazduhu... Ja imam ideju kako da se organizuju takva osmatranja i da za to obezbedim različite nove instrumente". Očigledno je Lomonkov imao na umu da bi trebalo organizovati mrežu meteoroloških stanica.

I Lavoazje (1743 – 1794), svestrani francuski naučnik, se interesovao za meteorologiju u više radova. U jednom on piše: „De Bor je prvi predložio istovremena merenja u raznim mestima. Zbog toga je pre nekoliko

godina organizovao nekoliko eksperimentalaca u raznim oblastima Francuske da mere barometrom". Nažalost, nema podataka ni o mestima ni datumu kada su merenja vršena.

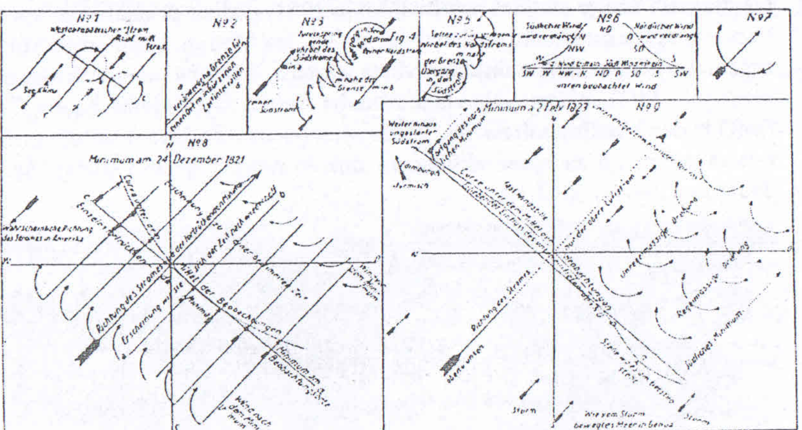


Sl. 8.1. Mihail V. Lomonosov.

Po završetku Francuske revolucije (1789) zamenik predsednika Francuske Skupštine, Rom, 1793. godine je napisao pismo komitetima za obrazovanje i rat u kome ističe prednosti korišćenja nedavno pronađenog „vazdušnog telegrafa" za predviđanje nailaska oluja, i za davanje obaveštenja o tome zemljoradnicima i mornarima.

Početkom XIX veka **Brandes** (1777 – 1834) je crtao najvažnije sredstvo moderne meteorologije, sinoptičku kartu. On je od 1816. do 1820. godine pripremio seriju sinoptičkih karata, za svaki dan počevši od 1783. godine. On je koristio podatke sakupljene u okviru Manhajmskog meteorološkog društva. Na kartama je izvlačio linije jednakog odstupanja atmosferskog pritiska od normale. O tome je napisao rad 1826. godine, pod naslovom „O naglim promenama pritiska". Trebalo bi naglasiti da to nisu bile karte tadašnjeg trenutnog stanja vremena, već su prikazivale stanje iz ranije prošlosti. Tada još nije bio poznat naziv „sinoptičke karte". Karte je crtao na osnovu izmerenog pritiska u velikom broju mesta Evrope. Brandes je već tada uočio da postoji veza između rasporeda pritiska i strujanja vazduha.

Drugi nemački meteorolog, **Dove**, nacrtao je 1828. godine karte strujanja vazduha za dane kada su se javile oluje između 1821 – 1823. godine. Ove karte je analizirao Brandes. Karte su crtane bez geografske osnove (bez osnovnih obeležja reka, planina) pa je teško pratiti neku zakonitost strujanja, sl. 8.2.



Sl. 8.2. Doveove karte sa kretanjem oluja od 24. 12. 1821. do 2. 2. 1823. godine.

Sledeći koji je crtao vremenske karte je **Lums**, u SAD. On je 1841. godine analizirao oluju od 20. decembra 1836. godine, koristeći časovne vrednosti osmatranja sa osam stanica (Njujork, Baltimor, Albanu, Fleming, Nju Hoven, Gardner, Montreal i Kvebek). Nacrtao je kartu izolinija jednovremene pojave minimuma pritiska sa smerom vetra i padavinama u više mesta. Lums je 1846. godine crtao vremenske karte za više dana iz februara 1842. godine. Crtao je odstupanja pritiska i temperature od normale i smer vetra. Takođe je uneo podatke o oblačnosti (vedro ili oblačno), kišu ili sneg. Sve pojave je označavao različitim bojama (tamno plavom, sivom, žutom i zelenom).

Prve vremenske karte u Rusiji je nacrtao **Smirnov**, docent na Kazanjskom univerzitetu. On je publikovao 1870. godine seriju karata evropskog dela Rusije, pod naslovom „Predviđanje vremena i prolećne oluje u Rusiji".

Sve ove vremenske karte su prikazivale vreme koje se desilo znatno ranije od trenutka kada su analizirane. Za crtanje trenutnog vremena trebalo je sačekati trenutak kada je pronađen telegraf, kojim su se meteorološki podaci mogli brzo sakupiti. Zato nije ništa neobično što se u XIX veku vrlo često oblast meteorologije koja se bavi analizom i prognozom vremena nazivala **„telegrafska meteorologija"**.

Asistent na opservatoriji u Pragu, **Krel** (1798 – 1863), je sugerisao 1843. godine, da se iskoriste telegrafski stubovi za skupljanje meteoroloških podataka i za slanje prognoze vremena. U Americi je **Redfild** 1847. godine

takođe predložio da se koriste telegrafi za izučavanje oluja. Ovo je u praksi proradilo 1849. godine, ali u zaista najprostijoj formi. Naime, Henri, sekretar Smitsonovog instituta je sugerisao da telegrafski operateri (telegrafisti) ujutru pri uključivanju telegrafa prvo ukucaju jednu reč: vedro, oblačno, kiša, i slično, umesto do tada uobičajene reči „u redu“ (okey). U Vašingtonu na osnovu ovih izveštaja crtane su jednostavne karte trenutnog vremena koje su koristile za obaveštavanje šire javnosti.

Slično prikupljanje podataka o vremenu u Engleskoj vršio je 1849. godine **Glešir**. Od 14. juna te godine redovno je štampao vremenski bilten u „The daily news“, na osnovu 20 telegrafskih izveštaja. Telegrafska kompanija je 1851. godine, da bi pomogla Gleširu, izlagala „karte o trenutnom vremenu u nekim delovima Velike Britanije“, za vreme održavanja prve velike Međunarodne izložbe (svetskog sajma) u Londonu. Na kartama su ucrtavani podaci o pritisku, smeru vetra, a pojave su obeležavane sa slovima: *o* – oblačno, *c* – vedro, *r* – kišno. Karte su prikazivane svakog dana od 8.6. do 11.10.1851. godine.

8.2. Leverjeov odlučujući doprinos

Svi ovi prvi pokušaji prikazivanja trenutnog vremenskog stanja su bili od slabe koristi, zbog malog broja informacija o vremenu i što su skupljani sa malog područja. Prvi pokušaj prevazilaženja početnih nedostataka uradio je **Leverje** (1811 – 1877), direktor Pariske opservatorije. On je nastojao da se uvede međunarodna „telegrafska meteorologija“ početkom 1850-ih godina. Pokušao je da rekonstruiše meteorološku službu u Francuskoj. Taj pokušaj je snažno potpomognut jednim praktičnim događajem koji je zadesio Francusku ratnu mornaricu. Naime, za vreme Krimskog rata, snažna oluja je 14. novembra 1854. godine uništila francuske brodove u Crnom moru.

Francuskoj vladi je predočeno da je prethodnog dana ta oluja besnela iznad Sredozemnog mora, i da se moglo predvideti njeno kretanje da se raspolagalo potrebnim meteorološkim informacijama. Francuski ministar rata, maršal Velan, je naložio Leverjeu da izuči sve okolnosti u vezi sa ovim fenomenom. Leverje je sakupio informacije od meteorologa iz svih zemalja Evrope o vremenu između 12. i 16. novembra 1854. godine. Dobio je više od 240 odgovora. Na osnovu ovoga, Leverje je bio u stanju da rekonstruiše kretanje oluje koja je potopila brodove. On je 16. februara 1855. godine Napoleonu III izložio plan za osnivanje velike meteorološke mreže koja bi bila u stanju da upozori moreplovce o nailasku oluje. Njegov projekat je prihvaćen. Uz pomoć generalnog direktora pošta i telegrafa Francuske, Leverje je 19. februara 1855. godine predstavio Francuskoj akademiji vremensku kartu za 10 sati toga dana. To je ostavilo povoljan utisak, tako da je već od 2. juna 1855. godine, 13 stanica u Francuskoj redovno telegrafski slalo izveštaje Pariskoj opservatoriji. Teže je bilo obezbediti takve izveštaje iz inostranstva. Ipak, takvi izveštaji su pristizali od 1857. godine iz 8 evropskih gradova (Petrograda, Brisela, Ženeve, Rima, Torina, Madrida, Beča i Lisabona). Opservatorija je od 1858. godine izučavala dnevni „Međunarodni bilten“, koji je iz godine u godinu bivao sve kompletniji (sa više stanica). Leverje je pitao ministra mornarice, admirala Hamelina, da dozvoli da se francuskim lukama šalju upozorenja o nailasku oluja. Admiral je odložio da izda takvu dozvolu.

Istovremeno je organizovana služba prognoze vremena i u Rusiji. Glavna fizička opservatorija u Petrogradu, 1856. godine počinje da prima telegrafske izveštaje o vremenu sa 13 stanica iz Rusije. Deo izveštaja je slat u Pariz, da bi zauzvrat dobili izveštaje iz Pariza, Liona, Madrida i Londona. Ministar mornarice je sugerisao da se osnuje služba za tačne telegrafske izveštaje o vremenu. Zbog toga je direktor opservatorije, Kuper, 1865. godine poslao u inostranstvo neke ljude da bi se obučili za takvu službu.

8.3. Svetli početak i tragični kraj Fic Roja

U Engleskoj je admiral Fic Roj bio aktivan u osnivanju službe prognoze vremena, u okviru Meteorološkog odeljenja Ministarstva za trgovinu, čiji je prvi rukovodilac. Britansko društvo za unapređenje nauke se obratilo Ministarstvu trgovine pismom u kome se ističe: „... Značaj telegrafskih izveštaja je u tome što omogućavaju slanje upozorenja o mogućem nailasku oluja“. Posle toga, Ministarstvo je zadužilo admirala Fic Roja da prima meteorološke telegrame sa 11 britanskih stanica. Ovi telegrami su se plaćali, za razliku od ostalih zemalja, gde su bili besplatni. Od 5. septembra 1860. godine, sažeti izveštaji o vremenu su objavljivani svakog dana u večernjem izdanju „The Times“-a, a nešto kasnije i u ostalim novinama.



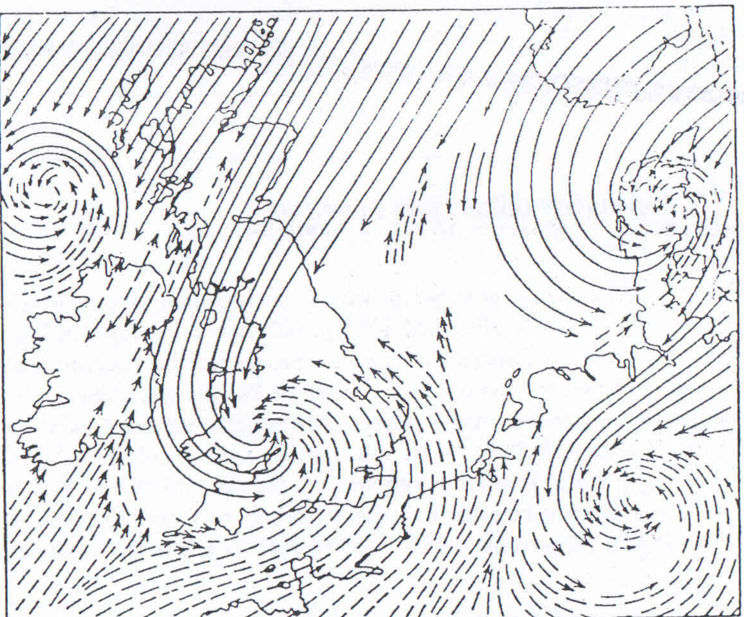
Robert Fic Roj (1805 – 1865)

U 14. godini je bio kabinski radnik na brodu Britanske mornarice. Vrlo brzo je napredovao do ranga kapetana broda Bigl. U toj ulozi je 1828. godine određen da patrolira obalama Patagonije i „Tierra del Fuego". Od 1831 – 1836. godine, brod Bigl, pod komandom Fic Roja, napravio je poznato putovanje oko sveta sa Čarlsom Darvinom kao putnikom. To putovanje je imalo epohalan značaj za biologiju i hidrografiju. U to putovanje Fic Roj je uložio značajan iznos svoga novca (oko 6000 funti sterlinga), da bi putovanje proteklo što je bilo moguće bolje. Na tim putovanjima pokazao se kao izvanredan navigator. Uprkos tome, snažne i dugotrajne oluje su više puta napravile manje štete na brodu. Po povratku sa putovanja oko sveta, Fic Roj je bio vrlo cenjen čovek. Dobio je čin admirala. Postao je 1843. godine član Britanskog Parlamenta. Zatim je od 1843 – 1845. godine bio guverner Novog Zelanda. Po osnivanju meteorološkog odeljenja pri Ministarstvu trgovine 1854. godine, postavljen je za šefa odeljenja. Tu je počeo njegov najplodniji deo života.

Fic Roj je bio veliki meteorolog praktičar. On je sticao naučna znanja o meteorologiji rešavajući razne praktične probleme pri plovidbi. Aktivan je osmatrač mnogih burnih meteoroloških procesa kroz koje je prošao na pučini. Razmišljajući o njima, sam je sebe specijalizovao u toj oblasti. Njegove prognoze o nailasku olujnog vremena bile su vrlo cenjene među engleskim, naročito škotskim ribarima. On je isticao da bi „pri prognoziranju trebalo držati oko na barometarske i termometarske promene ali i na izgled neba, naročito pri izlasku i zalasku Sunca. Trebalo bi pratiti oblake ali i ponašanje morskih ptica". Držao se pravila: „Što pažljivije kombinujemo prognostički materijal dobijen iz različitih izvora, rezultati će biti uspešniji".

Fic Roj je uvideo da prognoze na osnovu osmatranja u jednoj tački (ma kako bila tačna) ne mogu biti dobre. Zbog toga je pripremao sinoptičke karte. Ponekada prognoze nisu bile tačne, ne zbog njegovog nemara, već zbog objektivnih okolnosti. Novinari su oko toga dizali veliku buku. Reklo bi se da su oni objektivni kritičari. Međutim, novinari su i tada kao i sada, bili oni koji vole da afirmišu najveće neznalice i amatere blefere. Nisu shvatili da od Fic Roja nema boljeg prognostičara. Učinili su svojim kritikama da se tako častan, moralan, i znanjem bogat čovek odluči na samoubistvo. Kada je saznala za njegovu smrt, supruga jednog ribara iz Aberdina je u očaju uzviknula: „Ko će sada da pazi na moga muža".

Fic Roj je počeo u februaru 1861. godine da izučava prognoze oluja. Pripremao je male karte koje je on prvi nazvao „sinoptičke karte". Reč potiče od grčke reči „sinoptikos" što znači prikazivanje opšteg pogleda. Ove karte su se odnosile na malu oblast (Engleska, Irska i severna obala Francuske). Na ovim kartama pokušao je prikazati dve struje, polarnu i ekvatorijalnu. On je isticao: „... Vreme u našoj zemlji potpuno zavisi od sudara, interakcije, međusobne dominacije delova ove dve suprotne struje. Analize ovih karata Fic Roj bi uvek počinjao u oblasti Irske i Škotske, pošto se tu najčešće struje sučeljavaju. Jedan primer takvih karata prikazan je na sl. 8.3. Njegove prognoze su vrlo cenjene od mornara. On je na početku slao upozorenja o nailasku olujnog vremena u 50 tačaka, da bi u avgustu 1861. godine to bilo u 130 tačaka na Britanskoj obali. Zbog nedostatka sredstava, Fic Roj nije dalje mogao da izdaje dnevne sinoptičke karte.



Sl. 8.3. Jedan primer Fic Rojeve sinoptičke karte.

Priprema prognoza oluja u Meteorološkom odeljenju je bila vezana gotovo potpuno za Fic Roja. Mišljenje engleske javnosti o uspešnosti ovih prognoza vezivano je samo za njegovo ime. Izuzev pomoraca, engleska javnost nije imala dobro mišljenje o ovim prognozama. Neverica je iskazivana u dnevnim novinama. Pored šire javnosti, skepticizam su iskazivali naučnici

i Kraljevsko društvo. Jedna od njegovih neuspešnih prognoza, kada je imao mali broj podataka sa male oblasti, doživela je strašno oštru kritiku u štampi. Veteran meteorološke nauke, stari pomorski vuk, koji je znao provlačiti svoj istraživački brod kroz najveće oluje, nije mogao da izdrži kritike. Pucao je sebi u glavu 30. aprila 1865. godine.

Tragična smrt žrtve nauke predstavlja tamnu mrlju u celoj engleskoj meteorologiji toga vremena. Godinama su naučnici u Engleskoj zanemarivali razloge smrti Fic Roja i njegove doprinose sinoptičkoj meteorologiji. Posle njegove smrti formirana je komisija koja je trebalo da ispita aktivnosti Meteorološkog odeljenja. Oni su zaključili: „Fic Roj je napravio prvi korak prema postavljanju prognoze oluja na jasnu i tačnu osnovu. On je prisilio naučnike, i uopšte društvo, da obrate pažnju na ovu oblast meteorologije, i za te napore je dao svoj život". Komisija je dalje zaključila: „... Nema još stvarnih naučnih argumenata za dnevne prognoze vremena. Tačnost tih prognoza nije opšte pokazana, i nema podataka koji ukazuju na njenu valjanost". Posle smrti Fic Roja, prekinuto je sa izdavanjem prognoza vremena. Celo Meteorološko odeljenje je zatvoreno 7. decembra 1866. godine.

U to doba se govorilo samo o prognozama „oluja". Očigledno da je tada prognoza vremena imala uže značenje nego danas. Tada se računalo da je prognoza dobra ako se najavi samo ono najgore, olujno, vreme. Nije, dakle, smatrano ni za kakav uspeh ako se tačno prognozira lepo vreme. Računajući po tim kriterijumima, i danas bi mnogi meteorolozi zasluživali kritiku kao Fic Roj.

8.4. Služba vremena u raznim zemljama

Holandija

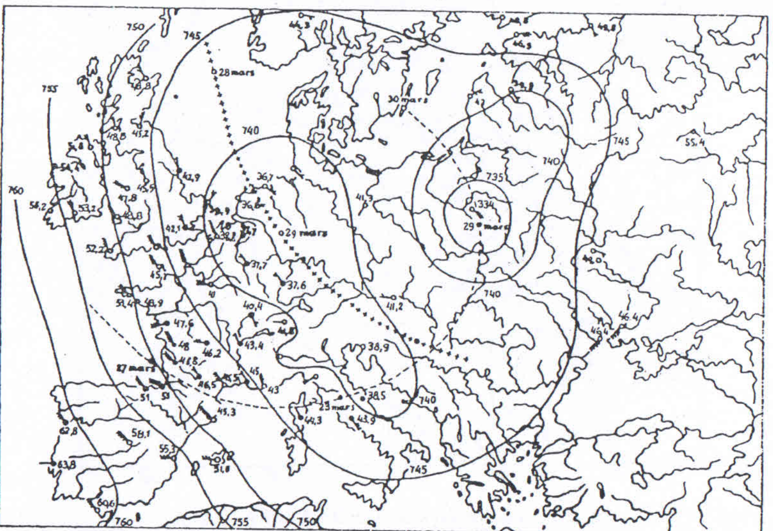
Uspostavljanje službe prognoze vremena počelo je i u Holandiji. Holandska Vlada je 1859. godine usvojila poseban zakon o telegrafskom prikupljanju podataka i o telegrafskom slanju informacija o vremenu. Na tom poslu naročito se istakao **Bis-Balot**, direktor Meteorološkog instituta u Utrehtu. On je 1. juna 1860. godine izdao prvo zvanično upozorenje o oluji koja je nailazila. Bis-Balot je nastojao da pronađe pravila za prognozu vremena zasnovana na lokalnim pokazateljima. Posmatrao je razlike u pritisku između bliskih mesta. Na osnovu toga, 1857. godine došao je do poznatog zakona (pravila), koji kaže: ako nam vetar duva u leđa onda se niži pritisak nalazi sa

naše leve strane. Što je veća jačina vetra, veća je razlika u pritisku sa leve u odnosu na desnu stranu. Na osnovu ovoga, konstruisao je „aeroklineskop". Ovaj instrument je bio neka vrsta semafora postavljenog na morskoj obali. Sa brodova u prolazu bi se videla informacija o smeru i intenzitetu razlike u pritisku sa leve i desne strane (gradijent pritiska). Iz toga se mogla odrediti snaga vetra normalnog na gradijent pritiska.

Jedno pravilo na osnovu koga je Bis-Balot prognozirao bilo je: „Može se očekivati oluja sa zapada uvek kada barometar u Mastrihtu ili Vlisingenu pokazuje 4 mm veću vrednost nego u Groningenu ili Den Helderu". Ovaj koncept prognoziranja je zasnovan na zavisnosti brzine vetra i gradijenta pritiska (razlika pritiska između dva mesta podeljena sa rastojanjem između tih mesta).

Francuska

U Francuskoj, za razliku od tragičnog zastoja u Engleskoj, prognoza vremena dobija na značaju. Tome je doprineo sastanak koji je Leverje imao sa Napoleonom III, 1863. godine, u Bijaricu. Od sredine te godine, po odobrenju Napoleona, na opservatoriji počinju sa izdavanjem redovnih prognoza vremena. Od 11. septembra 1863. godine štampa se bilten prvih sinoptičkih karata u svetu. Jedna takva karta je prikazana na sl. 8.4. Na karti su izvučene linije jednakog pritiska izraženih u mm (visina živinog stuba merena u mm).

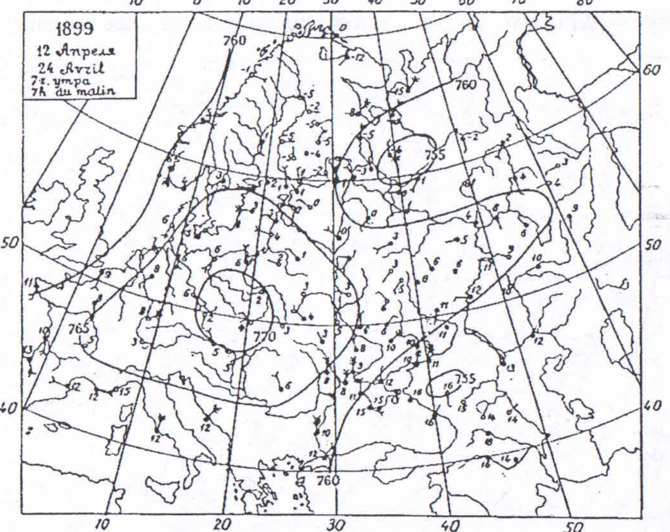


Sl. 8.4. Sinoptička karta Pariske opservatorije od 11. septembra 1863. godine.

Gotovo sve zemlje su u XIX veku prihvatile prognozu vremena zasnovanu na metodu Pariske opservatorije. Metod se sastojao u tome da se nacrtaju karte izobara (linija jednakog pritiska) pa se na osnovu toga prognozira premeštanje zatvorene izobare sa najnižim pritiskom (ciklona). Uočeno je da su nagle promene vremena bile vezane za ciklone, koji su se tada nazivali „oluje". Zbog iznenadnih promena vremena koje su donosile oluje, one su bile predmet posebnog interesovanja. Nastojalo se da se pronađu veze između karakteristika vremena i oblika izobara kao i putanje oluja (ciklona).

Rusija

Služba prognoze vremena u Rusiji počinje sa izdavanjem dnevnih biltena vremena 1872. godine. Bilteni su izdavani pod nadzorom Rikačeva. Prvi bilteni su pravljeni za evropski deo Rusije na osnovu podataka sa 26 stanica. Naravno, to je mali broj stanica za tako veliku teritoriju. Vild je isticao: „... Značaj i korist od ovih biltena, po mome mišljenju, nedovoljno se cene i od samih stručnjaka". Broj stanica na osnovu kojih su se izrađivali bilteni vremena je rastao, kako onih iz Rusije, tako i iz inostranstva. Jedna sinoptička karta vremena koja je urađena na Glavnoj fizičkoj opservatoriji prikazana je na sl. 8.5.



Sl. 8.5. Vremenska karta za 23.4.1899. godine, iz Glavne fizičke opservatorije u Petrogradu.

SAD

Služba prognoze vremena u SAD je osnovana nešto kasnije nego u Evropi. Posle Građanskog rata (1861 – 1865) na tu ideju je došlo više osoba. Direktor Astronomske opservatorije u Sinsinatiju, Klivlend Abe (1839 – 1916) počeo je da sakuplja telegrafske izveštaje o vremenu 1869. godine. Interesovao se i za teorijsku meteorologiju kojom se bavio Ferel. Od 1870. godine Abe je aktivno podržavao osnivanje Biroa za vreme. Objavio je veliki broj radova iz različitih oblasti meteorologije, od klimatologije, dugoročne prognoze vremena, do istorije američke meteorologije. Na inicijativu Abea, 1902. godine pokrenuto je izdavanje meteorološkog časopisa „Monthly Weather Review" – Mesečni pregled vremena. Ovaj časopis izlazi i sada.

Čovek koji je zaslužan za organizaciju službe za najavu oluja na Velikim jezerima je **Lafram** (1811 – 1875). On je bio geolog i meteorolog amater. U decembru 1869. godine, sakupio je i informacije o štetama na brodovima koji su plovili Velikim jezerima. Samo u toku 1869. godine, oštećeno je 1914 plovila, sa ukupnom štetom više od 4 miliona dolara. Lafram je preko kongresmena Pene podneo Kongresu proračun o ceni organizacije službe za najavu oluja u celoj Americi. Kongres je prihvatio rezoluciju 4. februara 1870. godine, o osnivanju službe za vreme unutar Američke armije (Služba javljanja). Rukovodilac službe je bio general Mier, sl. 8.6.



Sl. 8.6. General Albert Mier.

Od 1. novembra 1870. godine rađene su dnevno po tri sinoptičke karte. Prvo su pripremane samo u Čikagu, a od 1. januara 1871. godine i u Vašingtonu. Na početku se nisu izdavale prognoze vremena. Međutim, od kraja novembra, kada počinje sezona oluja na Velikim jezerima, prognoze su bile neophodne. Zbog toga je u Čikago pozvan Lafram da priprema prognoze vremena. Istim poslom su se bavili u Vašingtonu Abe, Tomson, Maurij i Grili.

Još za vreme osnivanja Službe za vreme, 1870. godine, pred nju je (odnosno pred Sekretara rata) američki Kongres postavio zadatak: „... Da obezbedi takve stanice, izveštaje i javljanja koja budu potrebna za agronomiju i druge komercijalne potrebe". Od 1. januara 1872. godine, Služba javljanja počinje da prima izveštaje o visini vode u rekama, da bi od proleća tome bile pridodate i prognoze vremena o očekivanom padu ili rastu vodostaja. Od 1873. godine, Mier počinje da izrađuje „Bilten za farmere", koji se sastojao od kratkog izveštaja o stanju vremena i nekog vida prognoze. Bilten je distribuiran poštom. Od 1887. godine izrađuje se „Bilten vremena i useva".

Već 1890. godine zastupljenost meteorološke službe u američkoj privredi je bila sasvim velika. Tada se iz vojne Službe javljanja izdvaja novoformirana „US Weather Bureau" – Američka služba vremena. Pred tu službu je, pored drugih zadataka, bilo postavljeno: „... Da odgovorno predviđa vreme; izdaje najave o nailasku oluja i ističe odgovarajuće signale kojima se označavaju oluje i poplave koji su od interesa za agronomiju, komercijalne poslove, i plovidbu; da izveštava uzgajivače pamuka o temperaturi i padavinama kao i da odgovarajućim signalima upozorava na mrazeve i prodore hladnih talasa". Već 1892. godine, bilo je 9300 pretplatnika koji su primali prognoze i upozorenja. Američka služba za vreme nije dobila popularnost potpuno tačnim prognozama (tačnost je bila kao kod drugih, od 77 do 78%). To je bilo, pre svega, zahvaljujući brzoj dostavi informacija raznim korisnicima koji su bili rasuti po celoj Americi. Ta popularnost je omogućila razvoj širokog spektra aktivnosti službe. Dakle, već pri kraju XIX veka, u Americi je bila vrlo bliska veza između sinoptičke meteorologije i njene primene.

Prve vremenske karte su crtane ručno, a od maja 1871. godine, one su reprodukovane litografskim postupkom. U oktobru 1871. godine na njima su izvlačene (iscrtavane) samo izobare, a kasnije su uključene i izoterme. Njihov dnevni bilten se sastojao od: „izveštaja o vremenu, verovatnoće i činjenica". Ovde se reč „verovatnoća" odnosila na prognozu vremena. Već 1871. godine meteorološki telegrami se primaju iz Kanade, a u januaru 1874. godine Mier uspostavlja vezu sa stanicama iz celog sveta. Tada se izdaju vremenske karte za celu severnu hemisferu. Te karte su bile poznate pod imenom „Međunarodne vremenske karte".

Zbog zauzetosti praktičnim poslovima nije uočeno da u Americi nema ni jednog naučnog instituta niti opservatorije za meteorologiju. Taj nedostatak je donekle prevaziđen kada je trebalo rešavati neke praktične probleme. Tada je u okviru vojne Službe javljanja formirana mala grupa poznata pod imenom „Soba za studije". Grupu je predvodio Abe, a sačinjavali su je Valdo, Hazen, Rasel i kasnije Ferel. Oni su rešavali razne praktične probleme vezane za prolećne mrazeve, putanju harikena, poplave itd. Hazen se bavio redukcijom (svođenjem) staničnog pritiska na nivo mora. To je omogućilo poređenje pritiska sa stanica koje se nalaze na različitim nadmorskim visinama. Rasel je odabirao statističke postupke za prognozu prodora hladnog vazduha. Abe je isticao da se mora uvesti veći stepen naučnog obrazovanja, visoki naučni standardi i savremene laboratorije. Od toga je slabo šta urađeno sve do završetka I svetskog rata. Tada se razvilo vojno i civilno vazduhoplovstvo. Za te potrebe trebalo je imati dobre prognoze vremena, uključujući prognozu oblaka i magle. Iz toga novog zahteva nikli su naučni radnici sa radovima koji su značajno unapredili meteorologiju.

Engleska

Videli smo da je prekinuta aktivnost u prognozi vremena posle samoubistva Fic Roja. Ali svakodnevni život je spuštao zaborav na taj događaj. Meteorološki komitet je dobijao brojne zahteve sa raznih strana da se ponovo počne sa izdavanjem prognoza vremena. Kao odgovor na to, u decembru 1867. godine ponovo se počinju izdavati prognoze. Plašeći se neuspeha koji je doživeo Fic Roj, Komitet je pokušavao da izdaje prognoze bez sinoptičkih karata. Koristili su samo empirijska pravila Bis-Balota. Uvidelo se da to nije dovoljno, pa su ponovo od 1869. godine počeli sa crtanjem karata. Od 23. marta 1872. godine karte su čak počeli da štampaju u vidu „Daily Weather Bulletin" – Dnevni izveštaj o vremenu.

Na početku, prognoze su izdavane neredovno. Kasnije su pravljene jutarnje prognoze za službe Vlade i dnevne novine, a u toku dana su pravljene prognoze na osnovu dnevnih karata za druge korisnike. Na zahtev urednika „Times"-a pravljene su večernje karte (18 sati po Griničkom vremenu) na osnovu kojih su izdavane prognoze koje su se štampale u jutarnjem izdanju lista. Za ovu specijalnu prognozu list je plaćao godišnje 500 funti sterlinga. I za engleske luke su izdavane prognoze sa upozorenjima o nailasku oluja. Tačnost upozorenja se povećavao sa početnih 68% (u 1870. godini) na 83% (u 1876. godini).

Nažalost, kvalitet osmatranja i gustina mreže bili su vrlo loši. Osma-

tranja su bila često nesinhronizovana, i dvadesetčetvoročasovno merenje je bilo nedovoljno. Sve je to otežavalo da se stekne prava slika o modelu atmosferskih procesa. Naročito su te stare karte loše prikazivale ciklone i anticiklone iznad Atlantika. Ipak, trebalo bi istaći da je admiral Fic Roj kao prvi šef Meteorološke službe u Londonu vrlo lepo prikazivao vremenske sisteme vantropskih širina. Njegov model ciklona publikovan 1863. godine, sadrži hladnu struju sa severa u zadnjem delu i toplu struju sa juga u prednjem delu. Taj model nije doživeo potpuniju afirmaciju, iako je to vrlo ispravan model, zbog njegove prerane smrti (1865. godine). Nekako u isto vreme, druga značajna ličnost engleske nauke, **Frensis Galton** (rođak Čarlsa Darvina i kasnije pionir statističke genetike) pokušao je da na sažet način prikaže meteorološke podatke sa svih 300 meteoroloških stanica Evrope. On je svoj metod prikazao u radu Meteorographica (1863). Nažalost, posle 1870. godine, Galton napušta aktivni rad u meteorologiji a njegove lepe ideje nije niko drugi sledio. Praktično niko drugi u Evropi nije ni posle 50 godina na tako racionalan način prikazivao meteorološke podatke.

Norveška

Mon, direktor Meteorološkog instituta Norveške, počeo je da šalje 1866. godine lukama telegrame o vremenu, na osnovu izveštaja koje je dobijao sa meteoroloških stanica. Kasnije je Institut primao brojne telegrafske izveštaje i iz inostranstva. U toku 1914. godine, broj takvih izveštaja je iznosio 60. Izveštaje o vremenu su dobijali 1907. godine čak sa Farskih ostrva i Špicberga. U 1869. godini počeli su da koriste najavu dolaska oluja koju su primali od Engleske. Ali takve najave su bile neuspešne. Do 1882. godine Institut se zadovoljio da izrađuje dnevne karte vremena, a samo povremeno (ne više od pet puta godišnje) slali su upozorenja službama na obali.

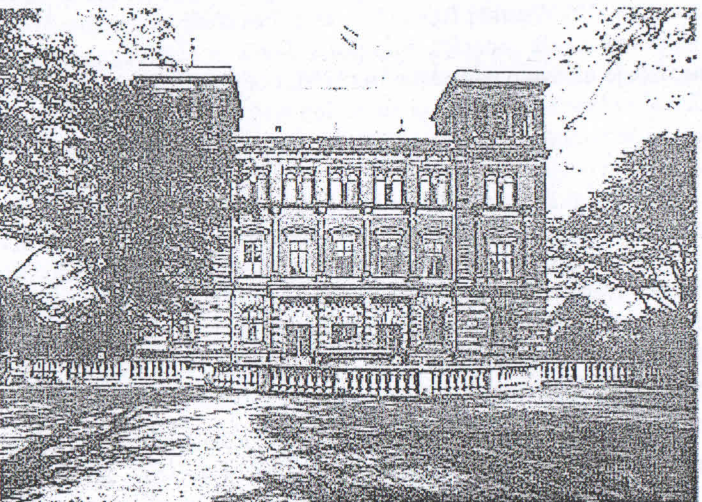
Od 1882. godine počeli su sa slanjem prognoze vremena telegrafski u više mesta Norveške. U 1890. godini Stortini je formirao fond za izradu Studije o mogućnosti osnivanja službe prognoze vremena, ne samo u Kristijaniju (Oslu), već i u Bergenu, Trondhajmu i na Lafontenovim ostrvima. Taj projekat nije realizovan odmah. Tek 1903. godine u Bergenu je otvorena meteorološka opservatorija. Glavni posao direktora opservatorije Feuna bio je da izdaje upozorenja o olujama za južni deo Norveške. Godišnje se izdavalo oko 40 upozorenja. Od 1912. godine Institut redovno izdaje biltene vremena „Daglig Veir – Buddstikke". U njemu su objavljivane tabele podataka sa stanica, vremenske karte i prognoze. U Bergenu je 1918. godine osnovan Institut za prognozu vremena za zapadni deo zemlje. Međutim, doprinosi koji su tu dati svetskoj meteorološkoj nauci, daleko prevazilaze prvobitnu lokalnu namenu Instituta u Bergenu. Zbog velikog značaja dobijenih rezultata, o to-

me će se govoriti u posebnom poglavlju.

Nemačka

Politička podela i relativno slaba flota usporile su stvaranje službe prognoze vremena. U Berlinu je 1865. godine osnovana specijalna služba pod rukovodstvom Dovea za praćenje oluja „Zentralstelle für Sturmwarnungen". U desetogodišnjem periodu ova služba je izdala samo devet upozorenja.

Osnivanje prave službe prognoze vremena u Nemačkoj vezano je za **G. fon Neumajera** (1828 – 1909). On je završio studije u Minhenu. Posle je radio u Australiji kao tragač za zlatom. U Melburnu je 1856. godine osnovao (delimično nemačkim kapitalom) meteorološku opservatoriju „Flagstaff Observatory". Tamo je na sastanku „Unije Nemaca" „Verein" 1861. godine, Neumajer održao govor u kome je istakao: „... Mi moramo ući u red pomorskih nacija". Ideja o premoći na moru dobro je odgovarala Nemačkoj imperiji. Tako je ukazom od 9. januara 1875. godine osnovana „Deutsche Seefarte" – Nemačko moreplovstvo, u Hamburgu, sl. 8.7. Direktor je bio Neumajer, koji je pokazao izvanredne sposobnosti za sticanje novca.



Sl. 8.7. Zgrada Nemačkog pomorstva u Hamburgu.

Službama meteoroloških telegrafa najpre je rukovodio **Kepen**, a od 1878. godine, **Van Veber**. Prvi kompletan bilten sa vremenskim kartama i prognozom vremena, urađen je 16. februara 1876. godine. Sve je bilo podređeno potrebama zapovednika brodova u Severnom moru i Baltiku.

U Nemačkoj je postojao veći interes za prognozom vremena u poljoprivredi nego u mornarici. Na zahtev poljoprivrednika osnivaju se mali biroi za vreme u Lajpcigu (1878), Minhenu (1881), Badenu (1884), itd. Velika služba za prognozu vremena osnovana je 1906. godine, po ugledu na američku službu, u 16 gradova. Ova služba je imala zadatak da dostavlja stanje vremena i prognoze svima koji su zainteresovani, ali i da osmotrene podatke međusobno razmenjuju putem telegrama. Ovim je stvoren veliki broj meteorologa amatera, naročito među poljoprivrednicima. Ovakvo širenje nije bilo uspešno, pošto je priprema prognoza zahtevala veći nivo znanja i iskustva.

Austrija

U Austro – Ugarskoj je telegrafsko skupljanje izveštaja o vremenu počelo 1865. godine. U Trstu i duž Jadranske obale osnovane su službe za najavu oluja, prema prognozama Pariske opservatorije. Od 1877. godine, izdavane su dnevne prognoze sa vremenskom kartom Evrope. Te godine je na predlog Poljoprivredne škole u Nojtišenu, osnovana specijalna letnja telegrafska služba za poljoprivrednike. Kasnije su osnovani posebni centri za prognozu vremena u Budimpešti, za trgovačku mornaricu u Trstu i za vojnu mornaricu u Puli.

Italija

Služba za vreme je organizovana 1865. godine, pri Ministarstvu za mornaricu u Firenci. Direktor je bio poznati naučnik i senator Mateuci. On i Seči su dobro zapazili da oluje u Italiju dolaze sa severozapada, iz oblasti Britanskih ostrva. Zbog toga je urađen plan da se vrše specijalna osmatranja o trošku Italije u Irskoj, kako bi se izdavala dobra upozorenja o dolasku oluja. Služba prognoze vremena je 1880. godine premeštena u Rim, u okviru Centralne meteorološke službe Italije.

Danska

Meteorološki institut u Danskoj je osnovan 1872. godine. Direktor je bio **Hofmejer** (1836 – 1886). On je bio jedan od vrlo sposobnih meteorologa – sinoptičara toga vremena. Izrađivao je i publikovao sinoptičke karte cele Severne hemisfere, koje su bile poznate kao Hofmejerove karte. Organizovao je štampanje meteorološkog „Severnog biltena“, koji je pokrivao Skandinavske zemlje. Dugo vremena su izdavane redovne prognoze sa samo tri određenja: „lepo vreme“, „nestabilno vreme“ i „ružno vreme“.

Španija

Meteorološka i astronomska opservatorija u Madridu počinje sa prikupljanjem telegrafskih podataka sa stanica 1864. godine. Izdavali su i bilten o vremenu koji je rađen po uzoru na Parisku opservatoriju. Telegrame o očekivanom vremenu su slali u glavne španske luke.

Portugalija

I u Portugaliji je, kao u Španiji, otpočela služba za vreme 1865. godine. Uvode se „semafori“ za vreme 1871. godine, na kojima se objavljuju signali za najavu oluja, koji su pripremani na Lisabonskoj opservatoriji. Opservatorija je počela da prima telegrafske izveštaje o vremenu sa Azora, od 1893. godine.

Švedska

U Švedskoj je prikupljenje telegrafskih izveštaja počelo 1873. godine. Štampan je bilten koji je uključivao deo „Izgledi vremena“. Meteorološki institut Švedske je dugo izbegavao da priprema izveštaje o nailasku oluja. Sa takvim informacijama su počeli tek 1905. godine.

Japan

Prvi pokušaj razmene telegrama o vremenu između gradova Nagasakija, Šangaja, Hong Konga i Amoje ostvaren je 1873. godine, preko Formoze (Tajvana). Ipak, služba prognoze vremena u Tokiju publikuje prve sinoptičke karte 16. februara 1883. godine. Karte rađene na početku samo jednom dnevno, a kasnije tri puta dnevno (6, 14 i 21 sat po Kjoto vremenu). Izdavali su biltene prognoze vremena sa naglašavanjem intenziteta i mesta gde se nalaze centri niskog i visokog pritiska. Na osnovu ovih globalnih izveštaja, po jedna meteorološka stanica u 15 oblasti Japana izrađivala je detaljnije prognoze.

Prvi signalni toranj za najavu oluja podignut je 1883. godine, u Šinagavi. Dva tipa vremena su najavljivana: „loše vreme“ i „pred oluju“. Kasnije su koristili čitav sistem sa raznim zastavama kojima su najavljivali vetar, padavine, temperaturu itd.

8.5. Međunarodni sinoptički kodovi

Vremenske službe različitih zemalja koristile su različite načine za šifrovanje meteoroloških podataka koji su odašiljani telegrafski. Ovde će se samo naglasiti napori koji su činjeni da se dogovore međunarodni ključevi (kodovi). Prvi kodovi su koristili Boforove oznake od po dva slova (videti

sliku sa Boforovom skalom brzine vetra). Šifrovanje podataka je postalo naročito značajno kada su se počeli podaci slati telegrafski. Od 1858. godine koriste šifre Pariske opservatorije ili Fic Rojeve, koje je opisao u knjizi „Praktična meteorologija" (ruski prevod engleskog izdanja „The weather book").

Prvi međunarodni meteorološki ključ, ili Utrehtski ključ, potiče od Vilda i Skota. Za upotrebu ga je odobrio Stalni komitet, 1874. godine, u Utrehtu. Sve evropske zemlje, izuzev Engleske, koristile su sledeći ključ:

BBBDD FwTTT BBBDD FwTTT T'T'T'RR MMmmS.

Engleska je koristila malo izmenjen ključ:

BBBDD FFwTT BBBDD FFwTT T'T'RRR MMmmS.

Korišćene su grupe od 5 cifara, a značenje oznaka je sledeće:

BBB pritisak u trenutku osmatranja; DD smer vetra (od 00 do 32); F brzina vetra po Boforu; w vreme u momentu osmatranja; TT temperatura; T'T' temperatura mokrog termometra; RR količina padavina; MM maksimalna temperatura; mm minimalna temperatura; Stanje vodene površine.

Kasnije su ključevi dopunjavani, naročito grupom oznaka za oblačnost, promenu pritiska između dva osmatranja i stanje vremena između dva osmatranja.

U toku I svetskog rata naglo se razvila avijacija, pa je Komisija za meteorološke telegrame od 1920. do 1921. godine radila na izradi novog ključa za njih. Ključ je usvojio Međunarodni komitet 1921. godine. Male izmene su usledile 1923. godine. U njemu se posvetila naročita pažnja detaljnom opisu pojava: Pravi se razlika između pljuskovitih, ujednačenih i sipećih padavina. Za oblake se, pored tipa, određuje i visina baze oblaka, kao i vidljivost. Takav sinoptički ključ je usvojen na sastanku direktora meteoroloških službi 1929. godine, u Kopenhagenu. Tada su usvojeni i simboli za unošenje podataka na sinoptičke karte.

Glava

9 IZUČAVANJE SLOBODNE ATMOSFERE

9.1. Uvod

Putnicima je odavno poznato da se u planinskim oblastima javljaju oblaci, magla i hladni vetrovi. Pastiri koju su svoja stada leti napasali po visokim planinama takođe su dobro znali kakva je razlika u klimi između planinskih i nižih predela. Ove razlike su naučnim metodama počele da se tumače tek u XVIII veku.

Poznati ruski naučnik Lomonosov pisao je 1753. godine o tome „da postoji razlika u gustini i zagrejanosti između vazduha u prizemlju i na visini". Bilo mu je jasno da se viši delovi atmosfere manje zagrevaju od Sunca nego donji, prizemni vazduh. Detaljne karakteristike planinskih oblasti naročito dobro je izučavao poznati švajcarski prirodnjak **Sosir** (1740 – 1799). On je, pored Alpa, obilazio i druge planine. U toku 1772. godine popeo se na Vezuv, a 1783. godine na planinu Etna. Na svojim planinarskim turama uvek je vršio brojna meteorološka merenja. Tako se 3. VIII 1787. godine Sosir popeo na Mon Blan, najviši vrh u Evropi (visok 4810 m iznad nivoa mora). Samo se jedan čovek pre njega popeo na taj nepristupačni snežni vrh. Usput je vršio brojna merenja. Pored ostalog, našao je da je u vazduhu bilo dosta

ugljen-dioksida. Izmerio je da je na vrhu tačka ključanja vode bila 68,993°R. U istom trenutku merenje je vršio u podnožju Mon Blana, u Šamoniju, njegov sin, a u Ženevi Senebjer. Sledeće godine Sosir je proveo 17 dana (od 3. do 19. jula) na prevoju Gent (3370 m) blizu Mon Blana. Tada je merio dnevne promene pritiska i temperature, i osmatrao je razliku u plavetnilu neba. Našao je da je promena pritiska na visini suprotnog znaka od promene u prizemlju. Takođe je ustanovio da temperatura opada sa visinom za 1°R na 100 toisa (0,65°C na 100 m).

I drugi su sprovodili slična merenja. Tako je Rajmond merenjem u Pirinejima 1802 – 1804. godine, izračunao da je smanjenje temperature sa visinom 0,49°C/100 m. Prva stalna planinska stanica postavljena je na prevoju Sveti Gotard (2100 m) u okviru Manhajmskog društva. Merenja su vršili sveštenici u hostelu koji je pripadao Kapućinskom redu. Kada je Sosir posetio stanicu 1783. godine, ustanovio je da barometar nije bio dobro postavljen u odnosu na skalu, pa je pokazivao do dve crte više. Veliki nemački prirodnjak A. Humbolt, posvetio je veliku pažnju klimatskim karakteristikama planina prilikom putovanja po Južnoj Americi od 1799. do 1804. godine. Prema vrstama vegetacije je odredio klimatske pojaseve Anda. Merenjem je ustanovio da temperatura brže opada sa visinom u oblasti visokih vrhova (Čimborazo, 6310 m), nego u planinskim masivima oko Kita i Bogote. Ovim merenjima uz planinske strane su stečena prva saznanja o promeni meteoroloških veličina sa visinom.

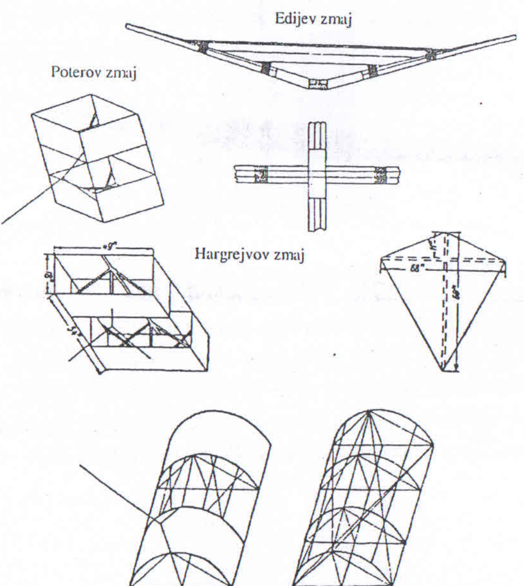
9.2. Merenja pomoću zmajeva

Zmajevi su odigrali važnu ulogu u razvoju visinskih merenja, aeroloških, kako su kasnije nazvana. Legende kazuju da je zmaja pronašao Arčitas od Tarantuma (oko 400 – 365. godine p.n.e.). Od pre više vekova, zmajevi se koriste kao igračke u Kini, Japanu, Tajlandu, ali i na Novom Zelandu. Upotreba zmajeva u naučne svrhe datira od pre preko 250. godine. Tako je Frenklin 1749. godine koristio zmaja za merenje elektriciteta vezanog za kumulonimbusne oblake. U isto vreme, od 1748 – 1749. godine, **Vilis** (1714 – 1786), profesor iz Glazgova je prvi vezao termometar za zmaja. Rezultati merenja nisu bili zadovoljavajući. Lomonosov je 1. jula 1754. godine pred Ruskom akademijom nauka prikazao mašinu koju je sam pronašao, čija je krila pokretala opruga satnog mehanizma. Nazvao je „aerodromska mašina". U nju su smešteni meteorološki instrumenti i trebalo je da se podižu pogo-

nom opruge. Nažalost, pokazalo se da je opruga suviše slaba da ponese takav teret.

Ojler je 1756. godine napisao teorijski rad o zmajevima, ali nije uspeo da pronađe opšte pravilo do koje se visine može podići zmaj pri datoj jačini vetra. Kapetan Peri je 1823. godine vezivao termometar za zmaja na arktičkom ostrvu Iglolik. Slično je radio admiral Bek, komandir broda „Teror", za vreme arktičke ekspedicije od 1836 – 1837. godine.

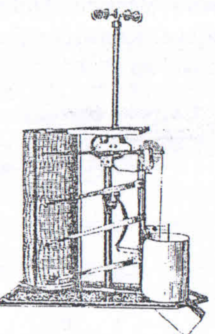
Meteorolozi u Americi (Marvin, Mekadi, Rot i Klajton) su često vršili merenja koristeći zmajeve. Konstrukciji zmajeva pridavana je velika pažnja. Neki od njih su prikazani na sl. 9.1.



Sl. 9.1. Različiti tipovi „meteoroloških" zmajeva.

Prva sistematska merenja pomoću zmaja vršena su na opservatoriji „Plavo brdo" u Americi. Laki termograf je privezan za balon prvi put 4. avgusta 1894. godine. Nešto kasnije su isto uradili sa termoanemografom, a 1896. godine sa barotermografom. Rešeni su mnogi tehnički problemi da bi se dobio najbolji zmaj koji može da ponese tanke pisače na visinu. Do februara 1897. godine, izvršeno je 112 uspešnih letova zmajem. Najveća postignuta visina bila je 2665 m, a 19. jula 1900. godine zmaj se popeo na visinu od 4820 m iznad nivoa mora.

I na Pavlovskoj opservatoriji su radili na aerološkim merenjema pomoću zmaja. Tamo je radio poznati konstruktor Kuznjecov. Do 1897. godine uradili su više merenja sa različitim tipovima zmajeva. Postignute visine su bile 2 – 3 m. Kasnijim modifikacijama postizali su visine do 4500 m (1903. godine). U to vreme su merenja zmajevima vršena i u drugim gradovima Rusije (Kazanj, Uljanin). Rusi su uspešno puštali zmajeve i sa brda u Finskom zalivu (1904. godine). Kuznjecov je konstruisao meteorograf, registrir (pisač) više meteoroloških elemenata koji se vezivao za zmaja, sl. 9.2.



Sl. 9.2. Kuznjecovljev meteorograf za zmajeve.

Bilo je mnogo uspešnih merenja pomoću zmajeva u raznim mestima sveta. Nema nekih specifičnosti zbog čega bi ih trebalo navoditi. Ipak, potrebno je navesti aktivnosti koje su u ovoj oblasti vršene na Opservatoriji za dinamičku meteorologiju u Trapsu, blizu Pariza. Ustanovu je osnovao francuski naučnik **Leon Filip Tiseran de Bor** (1855 – 1913), sl. 9.3.



Sl. 9.3. Rot i Tiseran de Bor (desno).

On je tu uložio gotovo svo bogatstvo koje je imao. Tiseran de Bor je vršio merenja pomoću zmajeva od 1897. godine Kada je Rot postigao visinski rekord sa zmajem na opservatoriji „Plavo brdo" (4820 m), de Bor je uspešno postigao rekord od 5200 m iznad Trapsa.

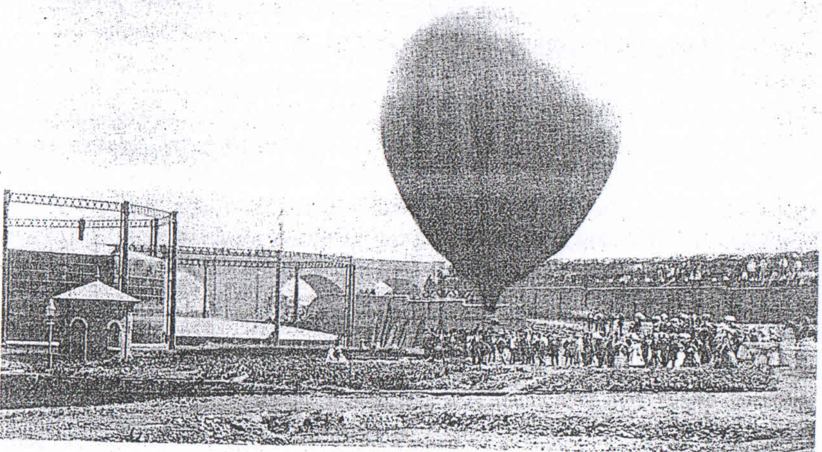
Prvi zmajevi u Nemačkoj su korišćeni u vojne svrhe. Zbog toga je u tu delatnost Pruskog meteorološkog instituta uložena velika suma novca. Iz Lidenberga je poleteo ukupno 5691 zmaj. Zmajevima su postignuta i značajna naučna otkrića početkom XX veka. Princ Albert od Monaka je od 1904 – 1905. godine organizovao merenje pomoću zmajeva u Mediteranu i Atlantiku. Sa njegove jahte „Princeza Alisa" merenjima je rukovodio Hergsel, predsednik Međunarodne aerološke komisije. Rot i Tiseran de Bor su 1905 – 1906. godine vršili razna aerološka merenja sa broda „Otaria" u tropskom delu Atlantika. Pretpostavili su da ta merenja mogu pokazati neke specifičnosti. I, zaista, po prvi put, meteorološkim merenjima je ustanovljena tzv. inverzija iznad pasatskih vetrova.

Vekovima su meteorolozi posmatrali kretanje dima iz vulkana Kotopaksi u Ekvadoru, i iz zapadno – indijskih vulkana. Iz toga i prizemnih merenja, napravili su šemu strujanja atmosfere u tropskim oblastima. Na severnoj hemisferi u toj oblasti u prizemlju, ispod visine od oko 3 km, duvaju relativno postojani severoistočni vetrovi (pasati). Iznad te visine postoji zona u kojoj duvaju jugozapadni vetrovi (antipasati). Merenja na „Otariji" i „Princezi Alisi" od 1904 – 1906 godine, pokazala su različitost pasatskih vetrova iznad istočnog i zapadnog dela Atlantika. U istočnom Atlantiku je otkrivena pasatska inverzija. Sloj vazduha sa pasatskim vlažnim severoistočnim (NE) vetrom je plitak, od 300 do 1500 m. Iznad te visine temperatura raste do 30°, a vlažnost opada gotovo do 0%. Tiseran de Bor je ustanovio da takva inverzija ne postoji u zapadnom delu Atlantika.

Krajem XIX i početkom XX veka, merenja pomoću zmajeva omogućila su da se dođe do nekih značajnih zaključaka. Tako su meteorolozi u Americi 1897. godine ustanovili 6 profila promene temperature sa visinom. Na primer, treći tip se karakteriše inverzijom temperature pri maglovitom vremenu od 100 do 400 m, a zatim opada znatno sporije nego što je adijabatska promena. Ovakva situacija je vezana za topli front. Peti tip je odgovarao hladnom frontu, ili uslovima u kojima se razvijaju kumulonimbusni oblaci. Karakteriše se brzim smanjenjem temperature sa visinom. Klajton je pred naučnim društvom u Bostonu izneo, prema merenjima pomoću zmajeva, da, kada hladni talas dolazi sa NE ili E, on počinje dolaženje iznad tla, prvo kao tanak sloj, a zatim sve deblji. To je ispravan zaključak koji su meteorolozi, nažalost, dugo zanemarivali, sve do posle I svetskog rata, kada je formulisan model frontova u ciklonu.

9.3. Merenje balonima sa ljudskom posadom

Prva merenja meteoroloških elemenata sa visinom u slobodnoj atmosferi (dalje od visokih planina) izvršena su pomoću balona. Prvi let balona sa ljudskom posadom izvršila su braća **Montgolije** 19. septembra 1783. godine. Uzdigli su se balonom napravljenim od kartona napunjenog toplim vazduhom, sa pariskog trga Versaj. Balon je bio visok 17,4 m i širok 12,5 m. To je bila do tada najveća atrakcija u svetu, koja je privukla gotovo sve Parižane, sl. 9.4.



Sl. 9.4. Let prvim balonom u Parizu.

Iste godine (1783), u balonu braće Montgolije, poleteli su iz parka Bulonjske šume Pilatr de Rozije i Markiz de Arland. Okupio se i tada veliki broj posmatrača. Među prisutnima bili su i kralj Luj XVI i Marija Antoaneta. Kralj je zahtevao da let izvedu dva osuđenika (jer je smatrao da je to let opasan po život), ali je Rozije to odbio, jer nije hteo da njima prepusti slavu. Balon se uspešno spustio, a kralj je Rozijeu i Arlandu uručio odlikovanja. Posle toga su slavljeni kao narodni heroji.

Takođe 1783. godine, 1. decembra, **Žak Čarls** (1746 – 1823), poznati profesor iz Pariza, poneo je sa sobom instrumente. Leteo je u gumiranom balonu pod nazivom „Globe“, čiji je prečnik bio 9 m. Balon je napunjen vodonikom. Punjenje je trajalo 4 dana, i pri tome je potrošeno 540 kg gvozdenih opiljaka i 270 kg razblažene sumporne kiseline. Sa Čarlsom je leteo

njegov drug **Nikola Roberts**. Balon se podigao iz parka Tiljeri. Posle leta koji je trajao 25 minuta, spustili su se na jednu livadu, oko 40 km severozapadno od Pariza. Na najvećoj visini temperatura je bila –8,8°C. Prema barometru, to je bilo na visini od 3467 m. Kasnije se Čarls sam izdizao do visine od preko 1 km, gde je temperatura bila –5°C (13°C niža od temperature pri tlu).

Balonska sondiranja su privlačila pažnju i naučnika i šire javnosti. Tako se Ojler, samo jedan dan pred smrt (18. avgusta 1783. godine) bavio problemom brzine uzdizanja „aerostatičke mašine“. Lavoazje je detaljno pripremao eksperiment za braću Montgolije. Naučnici su bili spremni da plate zamašne sume novca za svaki let proizvođačima balona. Tako je za let iznad Londona, 30. novembra 1784. godine, američki doktor Džon Džefri platio 100 gvineja francuskom balonisti Blanšaru.

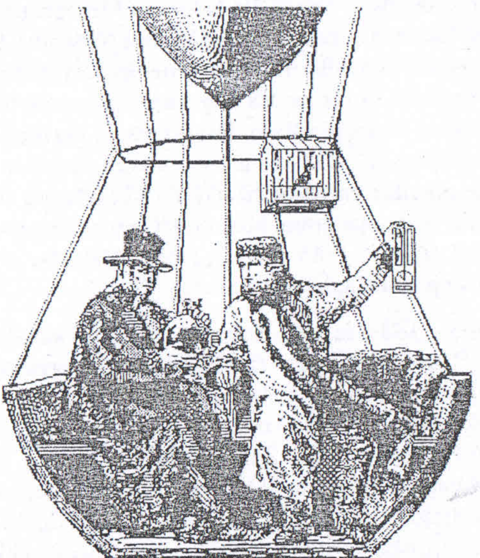
Džefri je detaljno opisao let balonom i tok priprema. Bio je napravljen specijalni barometar sa skalom od 18 inča (609 mb). Džefri je, po savetu Kevendiša, poneo nekoliko flaša napunjenih destilovanom vodom, da bi doneo uzorke vazduha sa visina. Na odgovarajućoj visini bi prosuo vodu (zatim bi ušao vazduh) i začepio flašu. Pre poletanja glavnog balona, puštao je manji balon (bez posade), da bi ustanovili u kom smeru će se balon uzdizati (da bi teodolite pravilno rasporedili). Džefri i Blanšar su se popeli na visinu od 2740 m, gde je temperatura bila –1,9°C (u prizemlju je bila 10,6°C). Drugim letom, 7. januara 1785. godine, Džefri i Blanšar su se uzdigli iz Dovera, pri čemu su prešli Engleski kanal.

Od 1803 – 1804. izvesni Robertson je izveo nekoliko letova iz Pariza, Hamburga, Rige i Petrograda. Za njega je to više predstavljalo cirkus, nego istraživački posao. Uprkos tome, u Petrogradu ga je angažovala Ruska akademija nauka da izvrši nekoliko letova u naučne svrhe. Sa njim je 14. jula 1804. godine u Petrogradu leteo **Zaharov** (1765 – 1836), koji je kasnije postao član Akademije. Svrha leta je bila da se ispita stanje atmosfere sa visinom. Pretpostavljalo se da je različito od onog što su dobili Sosir i Humbolt. Zaharov je uzeo uzorke vazduha, ispitivao prostiranje zvuka, naelektrisanje objekata i ponašanje magnetne igle. Nije našao razlike na visini u odnosu na merenje pri tlu. Uz ovo, merene su standardne meteorološke karakteristike vazduha. Izmerio je da se severoistočni vetar u prizemlju postepeno menjao do istočnog na nekoj visini. To je u saglasnosti sa znatno kasnije izvedenim zakonom o promeni vetra sa visinom u pograničnom sloju atmosfere.

U Parizu su Laplas i Bertolet 1804. godine predložili Akademiji nauka da sprovede neka naučna istraživanja koristeći balone. Trebalo je, pored ostalog, proveriti Robertsonovu tvrdnju da se magnetna sila smanjuje sa

porastom visine. Tako su 24. avgusta 1804. godine, dva mlada naučnika, Gej Lisak i Biot izvršili penjanje balonom do visine od 3980 m. Pokazali su da su Robertsonovi podaci bili netačni. Ustanovili su da je vazduh suvlji sa visinom. Za vreme drugog penjanja zapazili su da se rezervoar termometra koji je bio vezan za kabinu značajno zagreva od sunčevih zraka. To je značilo da se čine greške pri aeorološkim merenjima, o čemu se do tada nije vodilo računa. Znatno kasnije, dva francuska naučnika, Baran i Biksio, su 1850. godine izmerili temperaturu od –39°C na visini od 7 km, što ih je iznenadilo. Pri spuštanju kroz oblak vršili su merenja, kada nije bilo uticaja direktnog sunčevog zračenja.

Za vreme drugog leta, 16. septembra 1804. godine, Gej Lisak je postigao visinu od oko 7 km. Pored merenja potrebnih za ispitivanje prirode atmosfere, oni su pažljivo posmatrali ponašanje životinja koje su poneli sa sobom (sl. 9.5). Uzimali su uzorke vazduha.



Sl. 9.5. Gej Lisak i Biot za vreme leta balonom.

Kasnijim analiziranjem je pokazano da je isti sastav vazduha u prizemlju i na visini. Kiseonik i azot su izmešani u istom odnosu. Temperatura se smanjila od prizemlja do 7 km za 37°C. Interesantno je da se to približno poklopilo sa proračunom Laplasa. On je na osnovu merenja astronomske refrakcije izračunao da bi temperatura u tom sloju trebalo da se snizi za 40°C.

Letovi balonom su nastavljani do današnjih dana, i uvek su po nečemu atraktivni: obletanje Zemlje u balonu bez spuštanja, postizanje visinskih rekorda, itd. Sve u svemu, danas let balonom nema glavnu namenu da vrši merenje stanja atmosfere. Ipak, takav let uvek ima i neku naučnu zanimljivost. Navešćemo stoga primer kapetana Američke vojske, Džozefa Kitingera, koji je 1960. godine balonom postigao visinu nad Meksičkom pustinjom od 34,3 km. Sedeo je u gondoli zakačenoj za balon. Bio je obučen u odelo u kome je bio kontrolisan pritisak (kao u putničkim avionima). Sa najviše visine Kitinger je iskočio iz gondole. Kada je bio na 6 km iznad tla, padao je brzinom od 380 km/h. Tada se automatski otvorio padobran. Posle devet minuta on se bezbedno spustio na tlo.

Dvadeset godina kasnije jedan mladi Amerikanac je pokušao da leti do visine veće od one na kojima lete putnički avioni (oko 10 km). Pomoću više balona napunjenih vodonikom postigao je visinu od oko 10 km, gde je temperatura bila ispod –30°C. Gotovo smrznut, mladi čovek je jedva uspeo da pucnjem probuši neke od balona, kako bi počeo da se spušta prema tlu. Uz ovu jedva preživljenu avanturu, po povratku na zemlju usledilo mu je hapšenje zbog nasilnog kršenja propisa o američkom vazdušnom prostoru.

Posle Gej Lisakovih letova, dalje korišćenje balona za naučne potrebe više nije bilo interesantno. U Engleskoj je od 1838 – 1843. godine Raš izvršio tri leta. On je uzdizanjem 10. septembra 1839. godine prvi doživeo ono što se danas naziva „zaleđivanje aviona". Predmeti su bili zaodenuti slojem leda. Za istoriju meteorologije interesantno je navesti i to da je 1862. godine Velš, direktor poznate Kju opservatorije u Engleskoj, obavio četiri leta balonom. Dostigao je visinu od oko 7 km. On je prvi pri letu koristio aspiracioni psihrometar (suvi i vlažni termometar sa ventilacijom). Između 1862. i 1866. godine i Glešir (poznati meteorolog) je izvršio 28 letova iznad Engleske. Sakupio je pri tome ogroman broj podataka. Vršio je i po 18 očitavanja termometra u minuti. Konstruisao je za te potrebe specijalno osetljivi termometar, koji je poznat kao „rešetkasti termometar".

Glešir je sa kopilotom Kouhvelom 5. septembra 1862. godine postigao najveću visinu, ali ih je to skoro dovelo do smrti. Naime, na visini od 8840 m, Glešir je izgubio svest zbog nedostatka kiseonika. Za to vreme, Kouhvel nije primetio da se balon popeo na visinu od 11300 m. I Kouhvel je potpuno izgubio snagu. Rukama nije mogao da zategne uže kojim se zatvarao ventil kojim se reguliše spuštanje. Ipak je nekako to uspeo da uradi, povlačenjem užeta zubima. Tada je balon počeo da se

spušta. U poslednjem trenutku su uspeli da se spasu užasne smrti. I posle toga Glešir je izvršio nekoliko letova. Ne zna se tačno do koje visine se balon uzdigao 5. septembra 1862. godine. Sva merenja su zabeležena do visine od 8840 m, jer posle visine od 11300 m balon je morao još da se podigne, sve dok se Kouhvel borio da zatvori ventil.

I na Glavnoj fizičkoj opservatoriji u Petrogradu, Rikačev je vršio aerološka merenja balonom. Koristio je termometar sa rezervoarom u obliku spirale, da bi brže pokazivao temperaturu okoline. Ovaj termometar je Glešir predložio Rikačevu. Prvi let Rikačev je imao 21. maja 1868. godine. Balonom je upravljao Francuz Banel. Let od 1. juna 1873. godine je posebno interesantan. Balon je poleteo sa livade iz kruga Pavlovske vojne škole u Petrogradu. Postigao je visinu od 4046 m iznad nivoa mora, gde je temperatura bila –8°C. Pri dizanju, balon je prvo nošen prema zapadu, da bi zatim bio vraćen prema jugozapadu. Zbog ovog vraćanja, balon se nije mnogo udaljio od grada. Položaj balona je detaljno praćen pomoću teodolita iz Pulkova, Kronstada i Petrograda. Precizno merenje položaja balona pomoću teodolita omogućavalo je da se izračuna visina balona, a iz horizontalnog pomeranja mogla se izračunati brzina vetra. Tako se mogla proceniti tačnost vizuelno određene brzine koju je Rikačev beležio. U to doba bila je poznata veza između visine i pritiska. Tako se iz barometarskog stanja mogla odrediti visina, ali ta procena nije bila tačna kao ona dobijena pomoću teodolita.

U okviru Ruskog tehničkog društva, 1880. godine osnovana je sekcija za aerostatiku (tzv. VII sekcija). U mnogobrojnim letovima učestvovao je i poznati ruski naučnik Mendeljejev (autor poznatog Periodnog sistema). On je iz balona 1887. godine vršio merenje za vreme pomračenja Sunca. Balon je poleteo iz Klina, i postigao je visinu od 3350 m.

Vrlo je poučno na ovom mestu kazati nešto više o tome kako je ovaj veliki, i opšte poznati naučnik gledao na razvoj meteorologije. To se može prikazati kroz njegova dva stava. Prvi je ilustrovan sledećim primerom: Mendeljejev je na osnovu Gleširovih balonskih merenja temperature i pritiska sa visinom, napisao formulu o vezi temperature na visini h, t_h i pritiska p_h (i sve to izraženo pomoću tih vrednosti u prizemlju, označenim sa indeksom nula).

$$t_h = c + \frac{t_0 - c}{p_0} p_h .$$

Oko ove formule je usledila velika rasprava između Rikačeva (zamenika direktora Opservatorije) i Mendeljejeva. Uprkos vidljivih nedostataka ove formule, iz nje se vidi ono glavno što Mendeljejev želi da promeni u

meteorologiji. On iz mase podataka hoće da nađe zakon, zakon iz koga se može dobiti jednostavan broj. Zato Mendeljejev kaže: „Brojevi, i samo brojevi će dovesti meteorologiju do prave nauke!“. Hteo je da iz brojeva izvlači univerzalne zakone o vremenu. Drugo, Mendeljejev je nastojao da ukaže na značaj univerzalnih zakona prirode. On u jednoj raspravi kaže:

„Ja želim da usmerim vašu pažnju na glavni problem meteorologije – na bitku koja se vodi između nauke i praznoverja. Mnogi još veruju da je vreme posledica nečeg slučajnog, nekih nesaznatljivih i nepredvidljivih situacija, i iznenađuju se kada se kaže da postoje neki spoljašnji uzroci koji određuju vremensko stanje. Ovo se dešava zbog toga što naučne ideje o vremenu nisu još dobro razvijene... Dolazi doba kada neće biti moguća samo tačna prognoza vremena, već će se potpuno kontrolisati vreme. U budućnosti će čovek biti u situaciji da se izbori za meteorološke elemente koji mu odgovaraju“.

Ove reči mudrog Mendeljejeva, izgovorene pre više od 120 godina obavezuju meteorologe da se bore protiv praznoverja. On je, dakle, uočio da krajnji cilj meteorologa nije da samo dobro prognoziraju vreme, već da to vreme mogu izmeniti (modifikovati) svojom voljom.

Merenja pomoću balona naročito su bila popularna u Francuskoj. Posebno dugo su to radili Flamarion, de Fonvije i Tisandir. Oni su nazivani „trijumvirat“. Prilikom uzdizanja, merenjima su zapazili mnoge interesantne procese u oblacima, o vetru i optičkim pojavama. Tako, npr, Tisandir je 16. avgusta 1868. godine napravio krug u priobalju iznad Kalea. Ustanovio je da je vetar duvao sa mora prema kopnu do visine od 400 do 500 m, a od 600 do 1600 m duvao je vetar iz suprotnog smera. To je bila poznata cirkulaciona ćelija kopno – more. Tisandir je ustanovio jaku inverziju temperature iznad slojastih oblaka. U oblaku je 1873. godine izmerio temperaturu –2°C, a iznad njega +17,5°C. Kasnije su i mnogi drugi aeronauti (ljudi koji lete balonom) dobili slične podatke. To je bila neočekivana i neobična pojava. Potom su Tisandir i Fonvije ustanovili da je struja vazduha ispod debelog slojastog oblaka sasvim suprotnog smera od kretanja unutar oblaka. Diskontinuitet (brza promena) smera strujanja je bio tako izražen da se jedan konopac koji je držao gondolu za balon, prekinuo.

„Trijumvirat“ je svoje rezultate letenja opisao 1870. godine u obimnoj knjizi „Putovanje u vazduhu“, i nešto kasnije, 1878. godine u knjizi „Istorija mojih uzdizanja“. Uz naučne rezultate, oni su doprineli popularizaciji visinskih merenja. De Fonvije je postao sekretar Međunarodne aerološke organizacije.

Uzdizanje balonima je bio skup i vrlo često opasan posao. Zato su naučnici nastojali da pronađu druge metode za izučavanje slobodne atmosfere. To se nije odmah ostvarilo, zato je penjanje uz planinske strane na najviše planinske vrhove ponovo postalo aktuelno.

Reč „aerologija" je vrlo stara. Koristio ju je 1642. godine izvesni Domeniko Panirolo u knjizi koja je objavljena u Rimu pod nazivom „Aerologija, ili govor o vazduhu, korisna rasprava o zdravlju". Međutim, Kepen je ovoj reči dao današnje značenje. Na konferenciji Međunarodne komisije naučne aeronautike (kasnije nazvane Aerološka komisija) održanoj 1906. godine u Milanu, Kepen je predložio „da se oblast meteorologije koja koristi aeronautička merenja za izučavanje slobodne atmosfere nazove Aerologija". Od tada se ova reč brzo raširila i naučnici su je koristili.

9.4. Sondiranje atmosfere pomoću aviona

Odmah posle 1910. godine započinju sondažna merenja pomoću aviona. Danska meteorološka služba 1915. godine uvodi rutinska sondiranja atmosfere do visine od 4,5 do 5 km. Šef avijatičara J. Bakens je bio osposobljen da leti čak kroz nimbostratus bez posebnih instrumenata za slepo letenje. Za krilo aviona je bio obešen meteorograf, koji je zapisivao atmosferski pritisak i temperaturu. Pilot bi se posle dostignute visine od 4 – 5 km brzo prizemljio, da bi obezbedio sveže podatke. Takav način sondiranja zadržan je i između dva svetska rata. Pre toga, meteorograf je vezivan za balone bez posade, koji su dostizali visinu i do 18 km. Inače, balon je pronašao Montgolije, daleke 1873. godine.

I posle I svetskog rata avioni su korišćeni kao sondažno sredstvo. Postavlja se pitanje zašto su koristili tako komplikovano i skupo sredstvo. Ima više razloga za to. Prvo, upotrebom aviona dobijaju se pouzdaniji i detaljniji podaci nego drugim sredstvima. Prolaskom aviona kroz oblake mogla se odrediti njihova debljina, kao i vidljivost. Podaci merenja su bili upotrebljivi u toku jednog sata od merenja, za razliku od balona kada je trebalo i nekoliko dana do njihove upotrebe. Zmajevi i vezani baloni su predstavljali pravu opasnost za komunikacione i strujne vodove. Kablovi od zmajeva su bili opasnost i za avione.

Zbog toga se u holandskom mestu Sustenbergu, maja 1919. godine,

počinje sa redovnim avionskim sondiranjem. Upotrebljavani su avioni Foker – Vulf VII. Za avione su vezivali meteorografe. Do 1929. godine ovde je izvršeno više od 3000 letova, od kojih 1800 do visine od preko 5000 m (ali nisu leteli na većoj visini od 5480 m).

Od 1916. godine avioni se za ove namene koriste i u Rusiji. To je urađeno na inicijativu Fridmana, koji je imao u vidu izučavanje vetrova i turbulencije. Na predlog Asmana i Vegenera u Nemačkoj se vrše avionska sondiranja od 1912. godine. Ovo je bilo posebno interesantno u toku I svetskog rata. Sistematska merenja je organizovao Vegener 1922. godine sa opservatorije Lindesberg. Otprilike u isto vreme, slična merenja se vrše u Francuskoj, Švedskoj, Norveškoj i drugim državama. Avionska merenja se sve ređe koriste posle 1930. godine, kada počinje korišćenje radiosondi.

9.5. Baloni bez ljudske posade

Stara je ideja da se meteorološka merenja vrše balonima bez ljudske posade. Jedan takav plan izložio je Lomonosov, 1754. godine. Lemonije je 1783. godine pred Pariskom akademijom nauka izložio kako da se termograf priveže za balon. Obe ove ideje nisu realizovane.

Za vreme Francusko – pruskog rata (1870. godine) Francuzi su pokušali da pošalju pismenu poruku pomoću balona bez posade iz opkoljenih gradova Pariza i Meca. Znatno posle toga su meteorološki instrumenti slati u slobodnu atmosferu balonima. Hermit (sinovac poznatog matematičara) je u martu 1892. godine eksperimentalno počeo da pušta iz Pariza male balone (zapremine oko 1 m³), koje je nazvao „ballons perdus" – izgubljeni baloni. Uz svaki balon je bila prikačena nalepnica sa molbom da nalazač informiše Hermita u Parizu o mestu gde je balon nađen i o načinu prizemljenja. Na taj način je mogao da rekonstruiše putanju balona.

U vezi sa putanjom malih balona interesantna je priča iz naših krajeva. Ona govori o neverovatno dugom putu koji je prešao jedan balon, i o neverovatnom, ali potpuno istinitom sklopu raznih događaja. Priča počinje i završava se u planinskom selu Grčić (nadmorske visine 1117 m), udaljenom 25 km od Ljubovije. Tu se rodila Tiosava Lejić. Bez oca Radiše je ostala rano (umro je 1949. godine), a bez majke Ljubice 1956. godine. Osnovnu i srednju ekonomsku školu je završila zahvaljujući bračnom paru Milutinović, učiteljima kod kojih je uz školovanje

pomagala u kući. Jedan novinski oglas ju je odveo u London da čuva decu dok su im roditelji radili. I tamo se školovala uz rad. Ubrzo se udala za Engleza Kena Mentela, geologa. Izrodili su troje dece, sinove Sašu i Mišu i kćerku Tanju. Službovali su po raznim zemljama sveta, ali se suprugu Kenu najviše dopalo selo Grčić. Tu su na Tiosavinoj zemlji sagradili lepu kuću (vikendicu) kod izvora Vinčine vode.

U leto 2000. godine, dok su tu boravili, u kuću im je došao komšija Stanko Pavlović. Pokazao je Kenu jedan papir na kome je pisalo London, i još neki sadržaj na engleskom. Komšija je rekao da je taj papir našao blizu Kenove vikendice. Kada se porodica Mentel vratila u London, otkrili su, pomoću telefona i adrese sa papira, da se radi o firmi koja proizvodi balone. Prema broju kojim je bio označen balon ustanovljeno je da se radi o balonu koji je pušten iz dvorišta škole u Londonu u koju ide njihov sin Miša. Kakvo je to bilo iznenađenje za proizvođača balona, da balon pređe tako dalek put, pre nego što je raspukao. Za proizvođače, a još više za Mentelove, bilo je iznenađenje da je parče balona poslatog iz Mišine škole sa nalepnicom palo pored njihove kuće u selu Grčić.

To saznanje je bilo dobra reklama firmi za kvalitet balona. Nagradili su porodicu Mentel, a oni su za te pare kupili materijal za plombiranje zuba đaka osnovne škole u selu Rogačici kod Bajine Bašte. Kakav skup istinitih, a statističkim jezikom govoreći, neverovatnih događaja!

Valja napomenuti da porodici Mentel to nije bio prvi poklon zdravstvenim ustanovama u Ljuboviji i Bajinoj Bašti. Pokloni su usledili posle toga kada je Kenova demokratska vlast iz Londona, kao bespogovorni sledbenici najveće demokratije Zapada, 1999. godine „milostivo“ unesrećila avionskim bombama i tomahavk raketama narod kome pripada njegova supruga Tiosava.

Hermit se dalje bavio konstrukcijom većih papirnih balona. Posle nekoliko neuspešnih lansiranja, najzad je, 17. septembra 1892. godine, lansirao papirni balon zapremine 26 m³. Balon je nosio živin barometar sa pisačem. Posle kratkog leta, balon se prizemljio zbog kiše koja je počela da pada. Kasnije je pravio balon od 15 m³, i manji od 0,37 m³. Bili su napravljeni od lakiranog papira, ili od životinjskih membrana (bešike). Baloni su punjeni plinom. Jedan balon je uspešno lansirao 11. oktobra 1892. godine. Postigao je visinu od 1200 m. Zatim je 02. novembra 1892. godine lansirao takav balon sa barometrom. On je postigao visinu od 8700 m, i spustio se 150 km istočno od Pariza. Pronašli su jednostavan način za pokazivanje minimalne i

maksimalne temperature i minimum pritiska. Hermit, zajedno sa Besansonom je 21. marta 1893. godine lansirao balon zapremine 113 m³. Nazvali su ga „Aerofil I“. Nažalost, na visini od 12500 m, pri temperaturi od –51°C, mastilo u termografu se zaledilo, tako da u daljem dizanju do oko 16 km nije bilo registracije temperature. Ovim se pokazala prednost ovih balona u odnosu na one sa ljudskom posadom. Bili su i vrlo jeftini u poređenju sa onima sa posadom. Kasnije je Aerofilom II postignuta visina od 15,5 km, gde je temperatura iznosila –70°C.

Naučnici su uočili da je moguće ovim balonima vršiti merenje do velikih visina. Zato se brzo širio ovaj metod merenja i u drugim zemljama (Rusiji 1893, Nemačkoj 1894. godine, itd.). Prva istovremena sondiranja su izvršena u noći između 14. i 15. juna 1893. godine iz Stokholma i Berlina. Kasnije je uključeno više gradova (Petrograd, Geteborg i Varšava). Na Međunarodnom meteorološkom kongresu u Parizu, održanom 1896. godine predočeno je Međunarodnoj aerološkoj komisiji da na naučnoj osnovi ujednači i reguliše sva takva istraživanja. Članovi komisije su bili Rikačev, Pomorcev, Rot, Hermit, Asman, Ketelet, Besanson, Žober, Andre i Erk. Hergsel je bio predsednik, a Fonvije sekretar. Glešir i Tisander su bili počasni članovi.

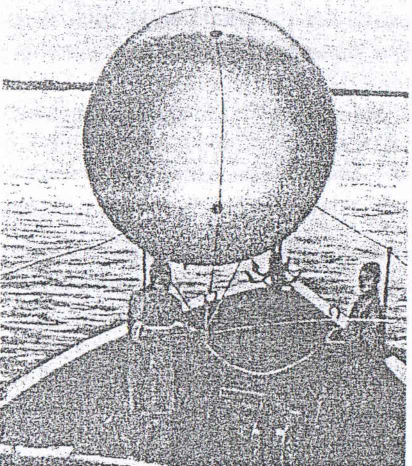
Prvi posao Komisije je bio da organizuje međunarodno sondiranje balonima i aerostatima. To je prvi korak ka sinoptičkoj aerologiji, istovremenoj analizi stanja atmosfere iznad velikih oblasti. Prvo takvo merenje je sprovedeno u noći između 13. i 14. novembra 1896. godine. Merenja su vršena noću, zbog smanjenja efekta direktnog sunčevog zračenja na instrumente. Uzimanje uzoraka vazduha od oko 6 litara na visini od 15 km pokazalo je da je sastav vazduha isti kao u prizemlju.

Merenja u višim delovima atmosfere omogućila su meteorolozima da razumeju oblik oblaka. Uočeno je da se stratusni i stratokumulusni oblaci formiraju ispod inverzije, ali se to dugo nije moglo objasniti. Tek kasnije je pokazano da inverzija deluje kao poklopac za turbulenciju. Herven je 1908. godine, takođe merenjem potvrdio ideju da je za formiranje altokumulusa kastelanusa potrebno da je u sloju vazduha veliki vertikalni temperaturni gradijent.

U leto 1908. godine jedna italijanska aerološka ekspedicija je poslata u ekvatorijalni deo Afrike. Oni su bili u okviru posade broda „Caprera“, koji je plovio u blizini Zanzibara. Merenja su bila neuspešna zbog lošeg vremena, ali i zbog loših tehničkih sredstava. Oni su na međunarodni dan, 30. jula, „Palazzo“ pustili jedan vezani balon (koji je držan na kablu). Postigao je visinu od 4910 m. U toku noći između 31. jula i 1. avgusta su pustili drugi vezani balon. Međutim, kabal se prekinuo i on je postao „slobodan“. Popeo

se do visine od 6630 m, i zatim je pao na zemlju, zajedno sa meteorografom. Pronađen je na ostrvu Pemba. Ni pilot balonska merenja nisu bila uspešna.

Iste godine nemačka aerološka ekspedicija je poslata u Ugandu. Ekipa pod rukovodstvom Bersona je bila dobro opremljena. Oni su železničkom prugom, koja je upravo tada proradila, došli do jezera Viktorija. Tu im je bila baza. Od 25. jula do 3. novembra izvršili su 24 merenja sa vezanim balonom, i oko 70 pilot balonskih. Vršili su i 70 merenja pomoću zmajeva na jezeru Mombasa i u Dar el Salemu, sl. 9.6.



Sl. 9.6. Puštanje vezanog balona na Viktoriją jezeru, avgusta 1908. godine.

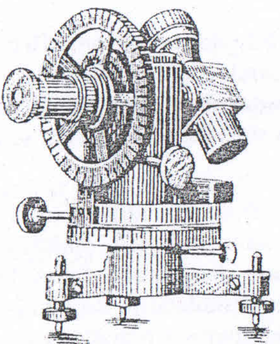
Ekspedicija je merenjima ustanovila snažni tropski monsun (letnji monsun severne hemisfere). Takođe su uočili zapadne vetrove na visinama od 12 do 20 km iznad ekvatorijalne Afrike, što je bilo do tada nepoznato. Merenja u Bataviji od marta do septembra su pokazala prisustvo istočnih vetrova na visini od 18 do 23 km.

Bersonova ekspedicija je detaljno izučila dnevnu smenu vetrova iznad Viktorija jezera. Ustanovili su da se na visini od 16 do 17 km vertikalni temperaturni gradijent naglo smanjuje. To je očigledno bila tropopauza – prelazni sloj između troposfere i stratosfere.

9.6. Pilot baloni

Uočeno je da se manji baloni bez posade mogu koristiti za merenje brzine vetra. Takvi baloni se nazivaju „pilot baloni". Oni se pune lakim gasom i njihov položaj se prati pomoću teodolita. Pre toga, brzina vazduha na visini se merila praćenjem kretanja oblaka. To je tzv. nefoskopska metoda merenja vetra. Razne metode su razvijene u XIX veku za nefoskopska merenja. Premeštanje oblaka se može pratiti na horizontalnim ogledalima, ili pomoću specijalnih teodolita. Pomorcev je 1894. godine konstruisao specijani teodolit za određivanje smera i brzine kretanja oblaka.

Pilot balonska merenja je organizovao Tieseran de Bor u Trapsu između 1899 – 1902. godine. Bio je u stanju da ih prati i na rastojanju od 80 km. To praćenje je olakšano kada se prešlo sa običnog astronomskog teodolita na specijalno konstruisane za ovu namenu. Jednog od takvih je konstruisao Kuznjecov, sl. 9.7.



Sl. 9.7. Kuznjecovljev teodolit.

Merenja su Tiseranu omogućila da zaključi da se meteorološke veličine, naročito temperatura, menjaju sa visinom. On je najniži sloj atmosfere, gde temperatura opada sa visinom, nazvao „troposfera", prema grčkim rečima „tropos", koja znači – promena, i „sfera" – lopta. On je takođe sloj atmosfere koji se nalazi iznad troposfere, gde je očekivao „stratum" – sloj sastavljen od lakših gasova, nazvao stratosfera.

Merenje pilot balonima, zbog jednostavnosti i što nije skupo, bilo je popularno od 1906. godine. Sa tim merenjima je nastavljeno do danas, praktično bez ikakvih izmena.

Od 1911. do 1917. godine pilot balonska merenja su vršena uglavnom za potrebe avijacije. Tad se naglo počela razvijati avijacija za koju je vetar bio najvažniji elemenat, pored oblačnosti, naravno, koja se lako vizuelno određivala. Naročito je bilo razvijano vojno vazduhoplovstvo. Međutim, ne bi trebalo zaboraviti da je ovo merenje služilo i za poboljšanje prognoze vremena. Na primer, u Nemačkoj 1911. godine, Betel je publikovao rad pod naslovom „Rezultati osmatranja kretanja oblaka u Hildešajmu", u kome daje praktična pravila za prognoziranje dolaska ciklona na osnovu praćenja kretanja cirusnih oblaka. Vetar nosi takve oblake, pa ako se izmeri vetar pomoću pilot balona, eto dobrog podatka za prognozu vremena.

Praćenje cirusnih oblaka moreplovcima je omogućavalo da prognoziraju nailazak toliko nepoželjnih tajfuna. Tako je Karcev, prvi oficir ruskog trgovačkog broda, na dugim putovanjima osmatrao kretanje cirusnih oblaka u blizinu Tajvana, i na osnovu toga je prognozirao vertikalne brzine u tajfunu.

Za vreme I svetskog rata, mnogi meteorolozi su služili u vazduhoplovnim jedinicama i organizovali su pilot balonska merenja. Tako su Rikačev i Fridman dobrovoljno služili u jedinici koja je imala bazu u Jablanu, blizu Varšave. Tamo su vršili redovno pilot balonska merenja. Pronašli su da postoji sekundarni maksimum brzine vetra na visini od 300 do 500 m. I Molčanov se bavio metodima za popravku grešaka koje se čine prilikom pilot balonskih merenja. On je, takođe, na osnovu analize merenja, našao da se vetar menja sa visinom u smeru kretanja kazaljke na satu u prednjem delu ciklona, a u suprotnom smeru u zadnjem delu ciklona.

9.7. Radiosondažna merenja

Upotreba balona i zmajeva bila je široko rasprostranjena pri merenjima karakteristika slobodne atmosfere. Međutim, kašnjenje u prijemu podataka i često njihovo potpuno gubljenje, zahtevali su traženje novih metoda merenja. Početak tom novom pristupu učinio je ruski naučnik Popov, pronalazač radija. On je 7. maja 1902. godine održao predavanje u Petrogradu, pod nazivom „O pisaču intenziteta električnog polja atmosfere za sondažne balone i zmajeve". Ovaj rad je objavljen u časopisu „Meteorologičeski vesnik", 1906. godine. Objasnio je princip funkcionisanja novog uređaja: „Listovi elektroskopa su spojeni sa radioaktivnim kolektorom; ako oko elektroskopa

postoji električno polje, listovi će primiti potencijal kolektora i raširiće se. Dodirom elektroskopa oni se spuštaju. Broj pražnjenja u jedinici vremena biće srazmeran intenzitetu električnog polja oko kolektora. Zapisivanje broja pražnjenja je vrlo važno za instrumente koji su na balonima i zmajevima.. ".

Imajući ovo u vidu, **Pavel Molčanov** 1923. godine počinje da konstruiše radiosondu za merenje temperature i pritiska vazduha sa visinom. Molčanov je posao završio 1930. godine, kada je uspešno lansirao prvu radio stanicu sa Pavlovske opservatorije. Radio odašiljač i dekoder povezan sa balonom koji nosi meteorograf, omogućavali su aerolozima da dobiju podatke bez zakašnjenja. Sa radiosondama otpočinje novo doba korišćenja aeroloških podataka u sinoptičkoj meteorologiji, avijaciji, itd.

Danas radiosondažni baloni dostižu visinu od oko 30 km. Visina zavisi od kvaliteta izrade balona (njegove elastičnosti, jer se sa visinom šire). Podaci o pritisku, temperaturi i vlažnosti se odašilju sa sonde vezane za balon radio putem, do prijemne stanice na zemlji.

Radiosonde se puštaju dva puta u toku dana (u podne i u ponoć), na oko 950 mesta u celom svetu. To je danas sastavni deo redovnih meteoroloških merenja u okviru Svetske meteorološke organizacije.

Glava

10 RANE TEORIJE O CIKLONIMA I ANTICIKLONIMA

10.1. Uvod

Prva merenja sa barometrom su pokazala da se pritisak vazduha neprestano menja. Stekla su se iskustva o povezanosti jakih vetrova i barometarskog stanja. Zahvaljujući tome, **Oto fon Gerik**, načelnik Magdeburga, proslavio se time što je 9. decembra 1660. godine najavio nailazak oluje na osnovu pokazivanja njegovog barometra sa vodom. Oluja se zaista pojavila 2 sata posle njegove najave. Gotovo dva veka barometarsko stanje u jednom mestu se koristilo za prognoziranje vremena. Ipak, uočilo se da se mora raspolagati poljem pritiska u široj oblasti.

No, pre nego što su cikloni sagledavani kroz izmerene podatke, bilo je puno lepih opisa vremena pri olujama i ciklonima. Još u IX veku, arapski putnici do Kine zapisali su razorne efekte tajfuna na Dalekom istoku. Kasnije, u XV veku, evropski moreplovci (u prvom redu Kolumbo i Vasko de Gama) su opisali susret sa tropskom olujom – harikenom. Sama reč hariken znači snažan vetar. Na jeziku Maja se kaže „huran – vukan", na španskom „huracan". Kolumbo je bio u prilici da 1502. godine predvidi nailazak harikena preko ostrva Haiti, koristeći dugogodišnje iskustvo moreplovca. Lep

opis iste atmosferske tvorevine koja se javila 4. jula 1687. godine, u južnom delu Kineskog mora potiče od Dampijera, pustolova i pirata. Njegovi zapisi iako ne potiču od naučnika, bili su vrlo detaljni, i meteorolozi su ih rado čitali. Opisao je „oko" oluje, snažne vetrove iz suprotnih smerova, itd. Iz iste oblasti postoje opisi oluja koje je dao Hirt sa Formoze (Tajvana) 1694. godine. Opisao ih je u „Analima". Reč „tai" u toj oblasti služi da opiše razorni vetar koji „traje više dana duvajući iz različitih tačaka kompasa". Hirt opisuje tai u Analima: „Ako duva sa severa, naglo promeni, pa duva sa istoka, ako duva sa istoka, promeni, pa duva sa juga, i sve tako dok ne napravi ceo krug. Tai ne prestaje sve dok vetar ne napravi ceo krug". Interesantno je da reč Tai feng (ili Tai fung) na savremenom kineskom jeziku označava vetar „sa izvorom iz svih tačaka kompasa".

Kapetan Langford je 1698. godine opisao harikene u okolini Antila. Izveštaj o njima je prikazao pred Kraljevskim društvom u Londonu. I on je, kao pre njega Kolumbo, bio u stanju da predvidi hariken koji je naišao 16. avgusta 1667. godine, blizu Nevis ostrva (jedno ostrvo iz Malih Antila). On je tada sugerisao britanskom odredu kako da izbegnu razaranje. Langford je pored predviđanja otišao korak dalje pa je pokušao da opiše uzrok nastanka harikena. On je tvrdio da hariken nastaje kao posledica sučeljavanja severoistočnog vetra i pasata.

10.2. Teorije o nastanku oluja

Ovde će se opisati prve značajnije teorije ciklona, koje su se pojavile u prvoj polovini XIX veka. Pre toga trebalo bi napomenuti da tada još uvek nije korišćena reč „ciklon", već „oluje". Inače, prvi put reč „ciklon" je opisao kapetan **Henri Pidington** (1797 – 1858), upravnik muzeja u Kalkuti, u svojoj knjizi „Knjiga za mornare", koja je publikovana 1842. godine. Reč je izveo od Grčke reči „kiklos", koja znači „krug", da bi prikazao zavojito strujanje vazduha. Kasnije je poznati meteorolog **Aberkrombi**, u svojoj knjizi „Vreme", objavljenoj 1888. godine, pored drugih karakteristika polja pritiska uveo i ciklonalno polje pritiska.

Tri Amerikanca su se u to doba naročito isticala u formulisanju teorije ciklona: **Vilijam Redfild** (1798 – 1857), **J. P. Espi** (1785 – 1860) i **Robert Hare** (1781 – 1858). Oni nisu samo imali oprečne teorije već su snažno napadali na ličnost jedan drugog. Što se oluja tiče, oni su imali različita isku-

stva. U svakom slučaju, želeli su da objasne mnoga osmatranja. Vilijam Redfild (sl. 10.1) je septembra 1821. godine, kao inženjer, službeno putovao iz Masačusetsa po okolini koju je prethodno zahvatila snažna oluja. Zapazio je da je u zapadnom Masačusetsu drveće bilo počupano i prevrnuto u suprotnom smeru nego što je bilo blizu njegove kuće. To ga je navelo da zaključi da je oluja rotirala u smeru suprotnom skazaljci na satu, i da se premeštala prema severoistoku. Mnoštvo podataka koje je sakupio o oluji 1821. godine, publikovao je tek 1831. godine. On je iscrtao vetrove na karti te oblasti i preko toga postavio providni papir sa ucrtanim koncentričnim krugovima. Primetio je da su vetrovi tangencijalni na krugove. To ga je navelo da izvede teoriju da je oluja kružni vrtlog sa ciklonalnom rotacijom Pretpostavio da je na južnoj polulopti rotiranje u oluji u suprotnom smeru. Druga važna Redfildova tvrdnja bila je vezana za premeštanje tropskih harikena. On je tvrdio da oni nastaju između Ekvatora i severnog povratnika i da se premeštaju u smeru WNW (zapad severozapad) do 30°N. Odatle skreću prema severu i severoistoku. Redfild je tvrdio da se od skretanja „harikeni šire u prečniku i slabe po intenzitetu".



Sl. 10.1. Vilijam Redfild.

Sada se čini da su njegove tvrdnje lako vidljive. Ali nije to bilo vidljivo za njegove protivnike, poput Espija, koji je studirao pravo i bio zaposlen u Franklinovom institutu. Interesovali su ga Danijelovi i Daltonovi radovi o higrometriji. U oblasti meteorologije Espi je uveo zakone prirode u istraživanjima. Primenio je koncept adijabatskih procesa (koji su upravo tada bili otkriveni) u objašnjenju konvektivnih procesa, objašnjenju fena, dnevne

promene vetra i oluja. Od 1840 – 1841. godine, Espi je posetio Evropu. Tu je naišao na topao prijem, iako su Evropljani gledali sa visine na američku nauku. On je 15. februara 1841. godine pozvan da u Francuskoj akademiji nauka održi predavanje o olujama. Tada je prisutnima bio predstavljen kao izvanredan naučnik. Osnovan je poseban Odbor Akademije (koga su sačinjavali Arago, Pulje i Babine), koji je Espijev rad o olujama ocenio kao briljantan.

Espi je 1845. godine postavljen za šefa Meteorološkog biroa pri američkom Ministarstvu rata. Kasnije je pripremio oko 1100 raznih sinoptičkih karata koje je koristio za analizu osobina oluja. Tada je otkrio tzv. „centralnu liniju oluje", što se u sadašnjoj terminologiji naziva front. Sve njegove analize fena, dnevne promene vetra, itd. su praktično bile zaboravljene.

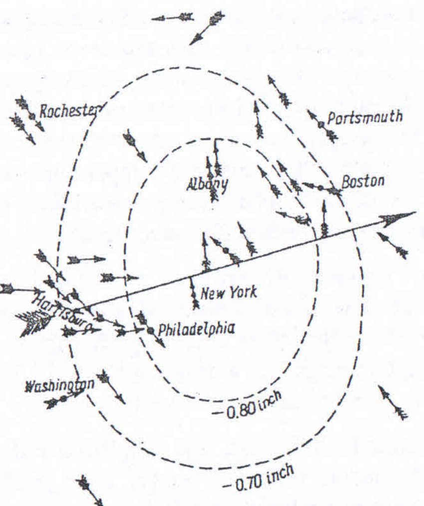
Što se tiče Espijeve teorije o olujama, on je postupno izostavljao iz razmatranja (namerno, ili nije razumevao) Hadlijev princip odstupanja kretanja tela od prvobitnog pravca, zbog rotacije Zemlje. To je kasnije (1836. godine) formulisao Koriolis i 1838. godine, Puason. O silama će biti govora u sledećoj glavi. Espi nije prihvatio nijedan pravi razlog rotiranja oluja, a to su sile. On je formulisao svoju teoriju kretanja pod uticajem „centripetalne" sile. Tvrdio je da centripetalna sila (sila koja deluje prema centru rotacije nekog tela) pokreće vazduh prema centru niskog pritiska. Espi je nastojao da objasni da snažna uzlazna kretanja u centru ciklona izazivaju radijalna kretanja prema centru sa svih strana. On nije priznavao rotacionu komponentu kretanja. Espi je u jednom delu bio u pravu (konvergencija i odziv u vidu uzlaznih kretanja). Ispravno je pratio procese pri uzlaznim kretanjima „kada se vazduh uzdiže, kondenzuje se vodena para i stvaraju se oblaci. Podizanje vazduha se vrši sve dotle dok je njegova temperatura veća od temperature okolnog vazduha". Vidimo da obe teorije, Redfildova i Espijeva, kada se ujedine, daju kompletnu sliku o kretanjima u olujama.

Treći njihov oponent, Robert Hare, tvrdio je da nagomilavanje naelektrisanja u atmosferi deluje suprotno od sile zemljine gravitacije, što izaziva kretanje prema centru oluje a zatim podizanje vazduha. Ova teorija se pokazala kao potpuno pogrešna, a drugima je ostalo da objedine Espijeve i Redfildove stavove, pošto sami to nisu uspeli da učine.

Kada je sredinom XIX veka bila očigledna vrtložna priroda oluja, Espijev autoritet je dodatno počeo da opada. Tako je 1855. godine **Henri Pidington** pisao: „Izvesni profesor Espi, koji je formulisao radijalnu teoriju oluja, nije nikada bio na moru, niti je pogledao brodske dnevnike ili karte različitih oblasti, na kojima vetar nije nikada bio radijalan. O toj teoriji već dugo vremena nisam ništa čuo".

Kružna i centripetalna teorija zaokupljala je pažnju meteorologa toga doba. Jedan od njih je **Lumis** (1811 – 1889), mladi profesor iz Hadrona, Ohajo. On je posetio Evropu od 1836 – 1837. godine. U Parizu je slušao predavanja poznatih naučnika (Araga, Puljea, Biota, Puasona). Bio je upoznat sa Koriolisovom teorijom o skretanju pri relativnim kretanjima (što je Hadli ranije empirijski konstatovao). Lumis je u jednom radu od 1846. godine istakao da oluje nisu ni kružne ni centripetalne i da se samo može govoriti o „kretanjima usmerenim prema centru sa tendencijom kružnog kretanja sunca" i da „vazduh struji iz svih smerova prema centru barometarske digresije, po savijenim putanjama". (sl. 10.2).

Redfild je imao puno pristalica za njegovu geografsku karakterizaciju oluja. On je 1838. godine, poslao predlog svim civilnim i vojnim brodovima koji plove Indijskim okeanom da sakupljaju informacije o olujama i da ih šalju kapetanu Pidingtonu u Kalkutu. Od 1839. do 1855. godine, Pidington je napisao oko 40 studija o harikenima u Bengalskom zalivu. Napisao je, kao što je već navedeno, 1842. godine, prvu knjigu sa instrukcijama kako bi trebalo ploviti kada prilazi oluja. Knjigu je nazvao „The sailor's horn – book for the low of Storms" – Početnica za mornare o zakonima oluja. Dve providne rožnate pločice su bile prilepljene uz knjigu.



Sl. 10.2. Karta ciklona od 16. 2. 1842. godine, u blizini Njujorka.

Ovim suprotstavljenim teorijama o ciklonu bi trebalo dodati jednu dosta uspešnu teoriju koja potiče od Dovea.

HajnrihVilhelm Dove
(1803 – 1879)



Rođen je u Lignicu, studirao u Berlinu. Sa 23 godine, 1826. godine, počinje da predaje fiziku u Keningberu, a 1829. godine postaje profesor na Univerzitetu u Berlinu. Od 1849. godine, posle smrti Malmana, postaje direktor Pruskog meteorološkog instituta, što ostaje do smrti. On je bio ličnost velikih ličnih kvaliteta. Bio je vrlo elokventan i u stanju da slušaoce privuče za svoje ideje. Koristio mnoga uopštavanja, slikovita poređenja. Koristio je intuiciju koju je povremeno razvijao do fantazije. Pedesetih i četrdesetih godina XIX veka uticao je na mišljenje mnogih, pa ga nazivaju „ocem meteorologije". Njegove ideje su bile prihvaćene od većine evropskih meteorologa. Nije istina, kao što su malobrojni mislili, da je on genije koga niko nije razumeo.

Dove je metod izučavanja oluje pomoću sinoptičkih karata, koji je otpočeo oko 1860. godine, smatrao kao neodgovarajući. On je 1868. godine, pisao: „... Mora se naglasiti da nas kartografsko predstavljanje oluja pomoću izobara vodi pogrešnoj predstavi da su gotovo sve oluje ciklonske po obliku". On je 1865. godine, takođe napisao pogrešan stav o fenu kao vlažnom vetru, uprkos već mnogim evidencijama da se radi o suvom vetru. Dove takođe nije prihvatio metrički sistem mera. Zbog toga je gubio uticaj koji je imao i pred kraj života izbegavao je kontakte sa meteorolozima. Umro je 1879. godine, a nadživelo ga je njegovo delo.

Dove se bavio analizom meteoroloških fenomena već posle 1820. godine. Baveći se klimatološkim analizama, nacrtao je karte izotermi za svaki mesec i za ceo svet. Nastojao je da prepozna fundametalne probleme meteorologije. U pogledu ciklona zaključio je da je atmosfera velika arena u kojoj se sučeljavaju dve struje. On je 1828. godine, napisao rad u kome ističe da oluje imaju kružno kretanje. To je zaključio na osnovu praćenja jedne, koja je 24. XII 1821. godine prošla preko Evrope. U toku 1837. godine Dove je razmatrao sučeljavanje polarne i tropske vazdušne struje. Tropska je topla i vlažna a polarna hladna i suva. Cikloni umerenih širina se stvaraju kada struje povremeno dolaze u „konflikt". Dove je razlikovao i tri tipa padavina; padavine uzdižuće struje; padavine unutar uzdižućeg vazduha iznad Ekvatora koji se hladi i „prelazne padavine", kada se meša topli i hladni vazduh.

10.3. Putanje ciklona

Meteorolozi koji su se bavili sinoptičkim kartama pratili su kretanje oluja i ciklona. Tako je Redfild 1840-ih godina našao da su putanje prostih ciklona parabolične. Slično je **Algue** (1856 – 1930), direktor opservatorije u Manili pronašao putanje tajfuna.

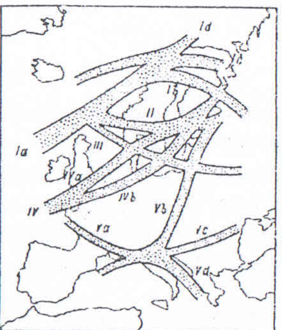
Izučavanje putanja ciklona umerenih širina otpočinje **Vladimir Kepen** (1846 – 1940), sl. 10.3. On 1875. godine, zbog neslaganja sa Vildom, napušta Rusiju i iz Petrograda prelazi u Hamburg. Tamo nastavlja da se bavi putanjama ciklona. Na osnovu oskudnog broja podataka, Kepen je našao neke srednje putanje ciklona. Tim poslom je počeo da se bavi njegov naslednik Van Beber. Na osnovu sinoptičkih karata (Beber je bio šef sinoptičkog odeljenja u Hamburgu od 1878. godine) od 1876 – 1880. godine, Beber je nacrtao glavne putanje ciklona u Evropi, sl. 10.4. Kasnije je iz dužeg perioda (1876 – 1890) dobio praktično iste putanje. On je pokušao da formuliše tipično vreme koje prati ciklone na pojedinim putanjama. Međutim, mali broj nedovoljno detaljnih podataka nisu mu omogućili da nađe išta drugo do premeštanja centara niskog pritiska.



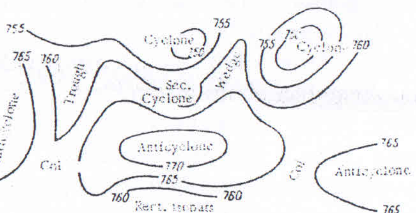
Sl. 10.3. Vladimir P. Kepen.

U popularnoj knjizi „Vreme“, **Aberkrombi** je 1888. godine prikazao klasifikaciju polja pritiska od 7 osnovnih oblika: ciklon, anticiklon, greben, dolina, sedlo, delimični ciklon i pravolinijske izobare. Ova polja je ilustrovao na karti od 27. februara 1865. godine koja pokriva oblast Atlantika, Severne Amerike i Evrope, sl. 10.5.

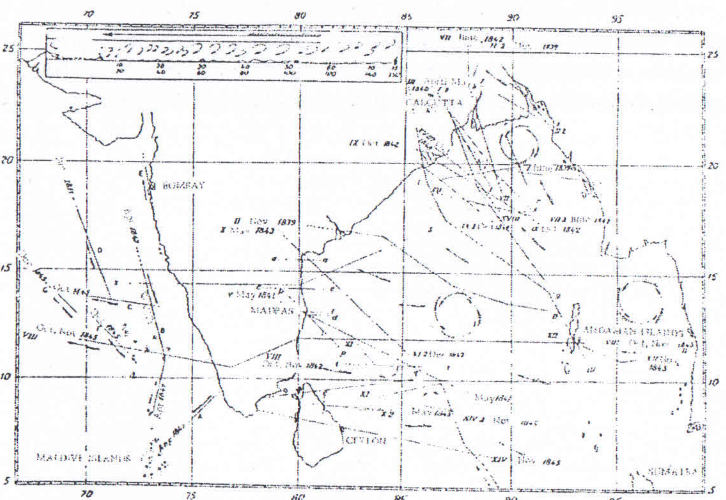
Putanje tropskih ciklona iznad Indijskog okeana analizirano je Pidington. To je bio značajan doprinos izučavanju tropskih ciklona u ovoj oblasti, sl. 10.6.



Sl. 10.4. Van Beberove glavne putanje ciklona iznad Evrope.



Sl. 10.5. Oblici polja pritiska prema Aberkrombiju.



Sl. 10.6. Putanje tropskih ciklona iznad Bengalskog i Arabijskog mora od 1800. do 1848. godine, prema Pidingtonu.

10.4. Anticiklon

Dugo godina meteorolozi nisu posvećivali pažnju anticiklonima. Jer, vreme koje je pratilo anticiklone nije se naglo menjalo i nije predstavljalo neku opasnost. Zato je njihovo naučno analiziranje kasnilo bar 20 godina iza ciklona. Inače, reč „anticiklon" je uveo **Galton** 1863. godine. Anticiklon se karakteriše slabim vetrom, slabim silaznim kretanjem, vedrim vremenom i cirkulacijom u smeru kretanja skazaljke na satu (na severnoj hemisferi).

Shvatanje da je anticiklon neka tvorevina koja je sekundarnog značaja u sinoptičkoj meteorologiji, opovrgao je Tiseran de Bor (1855 – 1913) iz Francuske. On je 1880. godine prvi kazao da je to „centar aktivnosti atmosfere". Naime, 1879. godine, zima u zapadnoj Evropi je bila ekstremno hladna. Na primer, u Parizu je u decembru 1879. godine temperatura bila niža od –26°C, u Krakovu niža od –30°C, itd. De Bor je pokušao da nađe razlog ovakvom vremenu. Zbog toga je posmatrao karte srednjeg pritiska za mesece. Zaključio je da je vreme u Evropi u toku cele sezone određeno intenzitetom i premeštanjem „centara aktivnosti atmosfere". Takođe je zaključio da su za Evropu dva najvažnija centra aktivnosti oni koji se nalaze iznad Azora i Sibira i ciklon iznad Islanda. Od njihove dominacije, prema de Boru, zavisi vreme u Evropi. On je anticiklon nazivao i „regulator vremena".

Posle ove analize de Bora, Hildebrandson i druge kolege su počeli redovno da prate promene aktivnosti anticiklona. Ovo je predstavljalo novu prekretnicu u stvaranju moderne sinoptičke meteorologije. To je bio prvi korak prema dugoročnoj prognozi vremena zasnovanoj na naučnim osnovama.

Glava

11 PREPOZNAVANJE SILA U ATMOSFERI

11.1. Uvod

U drugoj polovini XIX veka, u teorijama o nastanku oluja uzimaju se u obzir sile. Zbog toga je potrebno dati kratak pregled doprinosa naučnika ovoj problematici.

Još u antičko doba, mislioci su nastojali da odgonetnu šta izaziva vetar. Tada su Grci verovali da vetar duva iz pećine gde boravi bog Eol (*Αιολοζ*). U Sionu je podignut oltar za moljenje vetrovima. U Delfima je podignuta posebna tvrđava u čast vetra. Olujni severni vetar Bura, predstavljen u liku tamne ptice, verno je čuvao Atinu. Njegovo prijateljsko pojavljivanje razorilo je deo Persijske flote vladara Kseroksa na rtu Sepia. U čast Bure, sagrađen je oltar na nasipu Ilisos. Prema Aristotelu, svako kretanje koje nije prirodno, dešava se pod dejstvom sile kao pokretačkog faktora. Ova mišljenja se nisu menjala više od hiljadu godina. U srednjem veku još uvek je bilo onih koji su verovali da se vetar javlja zbog mahanja krila anđela.

Galilej je razumeo da se brzina nekog tela ne menja sve dotle dok su isključeni spoljašnji faktori ubrzanja ili usporenja. Dakle, znao je da je ubr-

zanje srazmerno sili. **Vilhelm Lajbnic** (1646 – 1716) je izučavao tela koja se kreću. Pritom je uveo izraz „vis viva" (živa sila) za veličinu koju sada nazivamo kinetička energija. Definisao je kao proizvod mase i visine na koju telo dođe pod dejstvom neke sile. On je, kao Galilej, takođe pokazao da je visina srazmerna kvadratu brzine. Gotovo jedan vek kasnije, **Gaspar Koriolis** (1792 – 1843) je Lajbnicov izraz podelio sa dva i došao do sadašnje definicije kinetičke energije, $E_k = mv^2/2$, gde je m masa tela koje se kreće brzinom v. **Kristijan Hajgens** (1629 – 1695) je analizirao ponašanje tela prilikom sudara. Zaključio je da je zbir „živih sila" tela pre sudara jednak njihovom zbiru posle sudara. Na taj način je pronašao fundamentalni zakon o održanju energije.

Značajan doprinos u toj oblasti dao je **Lazare Leonard Kornot** (1753 – 1823) koji je bio ministar rata za vreme Francuske revolucije. Uveo je u nauku pojam „latentna vis viva", odnosno, danas poznata kao potencijalna energija ($E_p = mgh$, gde je m masa tela koje se nalazi na visini h iznad neke referentne visine i g ubrzanje zbog sile zemljine teže). Kornot je istakao da bilo koji objekat koji se podigne na neku visinu (od početne visine) dobija na „latentnoj živoj sili" koju prilikom pada pretvara u „živu silu" (kinetičku energiju). Engleski naučnik **Tomas Jang** (1773 – 1829), profesor Kraljevskog instituta u Londonu, 1807. godine predložio je da se termin „živa sila" zameni rečju „energija". Zatim je, konačno, **Vilijam Renkin** (1820 – 1872) uveo naziv „kinetička" i „potencijalna" energija.

11.2. Počeci razvoja hidrodinamike

Počeci hidrodinamike se vezuju za **Evangelistu Toričelija** (1608 – 1647). On je u radu „De motu Gravium" razmatrao brzinu isticanja vode kroz mali otvor napravljen na dnu suda. Ako je otvor napravljen tako da se mlaz kreće naviše, Toričeli je primetio da mlaz ne postiže visinu koju voda ima u sudu. Zaključio je da to dolazi od otpora sredine kretanju vode. Kada bi otpor bio jednak nuli, onda bi maksimalna visina mlaza bila jednaka visini vode u sudu. Takođe je pronašao da je brzina mlaza, v, na ispustu, jednaka brzini koju bi kap dobila kada bi slobodno padala sa visine vrha tečnosti do dna, h, i da iznosi $v = 2gh$.

Jedan od velikih Toričelijevih sledbenika u razvoju nauke o fluidima, bio je **Danijel Bernuli** (1700 – 1782). On je 1738. publikovao svoju poznatu knjigu „Hidrodinamika". U njoj je formulisao princip poznat kao „Bernulijev zakon" ili „Bernulijeva jednačina". Taj princip je kasnije dodatno objasnio njegov otac Johan I Bernuli u knjizi „Hidraulika".

Danijel Bernuli (1700 – 1782)

Danijel Bernuli je rođen 8. februara u Groningenu, u Holandiji. Sin je Johana Bernulija (1667 – 1748). Danijel je najpoznatiji član brojne, dobro poznate porodice u oblasti nauke. Predavao je matematiku kao i njegov otac i stariji brat, Nikola II. Danijel je 1724. godine napisao knjigu „Excercitationes Mathematicae", koja je privukla veliku pažnju. Danijel i brat Nikola II su 1725. godine prihvatili poziv novoosnovane Akademije nauka u Petrogradu da tamo pređu da rade. Tamo Danijel radi od 1725. do 1733. godine, a zatim se vratio u Švajcarsku, u Bazel. Pisanje „Hidrodinamike" je završio 1724. godine, ali je publikovao tek 1738. Njegov otac je „Hidrauliku" objavio kasnije, ali je datum štampanja pomerio na 1732. godinu, što je, valjda, jedinstven primer da otac ne bira sredstva za lažno sticanje prioriteta u odnosu na sina. U 10. glavi „Hidrodinamike" Danijel je formulisao kinetičku teoriju gasova. Umro je u Bazelu, 17. marta 1782. godine.

Potrebno je naglasiti da je Danijel Bernuli bio član znamenite familije matematičara, fizičara i drugih naučnika prirodnih nauka. Njegov otac Johan I i njegov stric Jakob, osnivači su diferencijalnog računa. Jakob se bavio i verovatnoćom. Danijelova dva brata i brojni sinovci, bili su takođe matematičari ili naučnici iz oblasti prirodnih nauka.

Savremena verzija Bernulijevog zakona kaže da pri kretanju fluida bez trenja, koje je još i nepromenljivo sa vremenom, zbir potencijalne, kinetičke i energije polja pritiska, ostaje konstantan. To praktično znači da, ako se vazduh kreće sporije u horizontalnom pravcu, on će izazivati veći pritisak nego brži vazduh. Pomoću ovog principa, Bernuli je bio u prilici da objasni mnoge fenomene vezane za kretanje fluida. Tako, ako se jedan kraj lista papira stavi u knjigu, drugi će se opustiti niz nju. Međutim, dunemo li u knjigu držeći je ispred sebe, list će se podignuti, jer većoj brzini vazduha iznad lista odgovara manji pritisak nego ispod lista, što list podiže. Na istom principu se održavaju i avioni u vazduhu. Krila aviona su izrađena tako da iznad njihove gornje površine vazduh brže opstrujava nego ispod donje, pa to potiskuje avion naviše.

Isak Njutn je 1687. godine napisao rad poznat pod kraćim imenom „Principi". U njemu je izložio zakone kretanja, poznate kao I, II i III zakon kretanja. Prema II Njutnovom zakonu, ubrzanje se vrši samo pod dejstvom sile i u smeru u kom deluje sila. Sile su najrazličitije prirode. Ovde će biti opisana hronologija sila koje se javljaju u atmosferi. No, pre toga se nešto mora reći o matematičkom konceptu koji je omogućio da se izučavaju sile.

Da bi se razumelo kretanje vazduha, zamisli se bilo koji njegov delić i na njega se primeni Njutnov zakon kretanja. Kretanje izazivaju sile kojih u atmosferi ima više od jedne. Sile, brzina kretanja i ubrzanje su veličine različite po svojoj suštini od pritiska, gustine, temperature. Ova druga obeležja su tzv. skalarne veličine (za njihovo opisivanje potrebno je znati samo jedan broj, npr. 20°C) dok se prve karakteristične nazivaju vektori. U meteorologiji se vektori izražavaju pomoću tri skalarne veličine, komponente koje predstavljaju delove sile koji su usmereni u tri različita smera (dva u horizontalnom i jedan u vertikalnom pravcu). Pojam vektora uveo je Simon Stevin, zvani **Stevinus** (1548 – 1620), inženjer, visoki oficir u Holandskoj vojsci. U knjizi o statici i hidrodinamici, objavljenoj 1586. godine, uveo je pojam vektora i slaganja (sabiranja) vektora metodom paralelograma.

11.3. Gravitaciona sila

Gravitaciona sila je rezultat privlačenja između delića vazduha i Zemlje. Problem gravitacije je razmatrao Robert Huk, 1682. godine u svom predavanju „Priroda kometa" pred Kraljevskim društvom. To je bilo 5 godina pre nego što je Njutn objavio njegove „Principe". Huk je izložio sledeću misao: „Pod gravitacijom podrazumevam takvu snagu koja izaziva tela da se kreću jedno prema drugom sve dok se ne sjedine". Njutn je 1687. godine u „Principima" formulisao zakon gravitacije, na sledeći način: „Postoji gravitaciono privlačenje između bilo koja dva tela u prostoru, i ova sila privlačenja je srazmerna njihovim masama, a obrnuto srazmerna sa kvadratom njihovog rastojanja". Posle objavljivanja ovoga u „Principima", Huk je tvrdio da mu je Njutn ukrao ideju pomenutog zakona. Prisetimo se da je Njutna i Lajbnic optužio za krađu rada o infinitezimalnom računu (koji je Lajbnic počeo objavljivati 1684. godine, a Njutn tek 1704). Ipak, ostalo je mišljenje da je knjiga „Principi" jedno od najvećih naučnih dela koje je ljudski um ikada stvorio. Retko je koje delo, izuzev, možda, Darvinovo „Poreklo vrsta", imalo tako dubok uticaj na savremenu misao.

Srazmera između proizvoda mase tela i gravitacione sile, predstavlja gravitacionu konstantu. Nju je 1798. godine tačno odredio Henri Kevendiš, mereći privlačenje dva para olovnih kugli.

Henri Kevendiš (1731 – 1810)



Rođen je 10. oktobra, u Nici. Njegov otac, lord Čarls Kevendiš, bio je sin drugog vojvode od Devenšira, a majka mu je bila kćerka vojvode od Kenta. Čarls je bio priznati eksperimentator i istaknuti član Kraljevskog društva. Često je Henrija vodio na sastanke Društva i na večere u klub Društva. Henri je bio izabran za člana Kraljevskog društva 1760. godine. Gotovo nikada nije propustio sastanke Društva. Interesovao se za različite oblasti nauke. Bio je vrlo povučena i rezervisana osoba. Obilazio bi svakoga koga bi susreo. Od žena je samo svojoj služavci dozvoljavao da sa njim razgovara i da mu ostavi hranu na kraj stola. Kuća mu je bila prepuna opreme za vršenje najrazličitijih naučnih eksperimenata: teleskopa, hemikalija, posuda za hemijske eksperimente... Henri je izdvojio vodonik i odredio gravitacionu konstantu. Uprkos velikom radu, za života je objavio samo nekoliko radova. Mnogi njegovi pronalasci su ostali nepoznati sve dok Džems Meksvel, vek posle Henrijeve smrti, nije objavio njegove pribeleške.

11.4. Sila gradijenta pritiska

Sila gradijenta pritiska deluje od većeg prema manjem pritisku i srazmerna je sa razlikom pritiska podeljenom sa rastojanjem između mesta u kojima vlada takav pritisak. Zbog ove sile, tečnost iz suda sa dubljom tečnošću će prelaziti u sud sa plićom, ako su spojene pri dnu, sve dotle dok se nivo tečnosti ne izjednači. Zbog dejstva sile gradijenta pritiska, iz aviona koji je leteo iznad Afrike, 1996. godine, kroz otvorena vrata aviona istisnuti su putnici (koji su, naravno, poginuli). Jer, u avionu se održava pritisak koji vlada u prizemlju koji je znatno veći od onoga na visini leta. Kada je Blez Paskal 1648. godine tvrdio da pritisak vazduha opada sa visinom, mnogi su

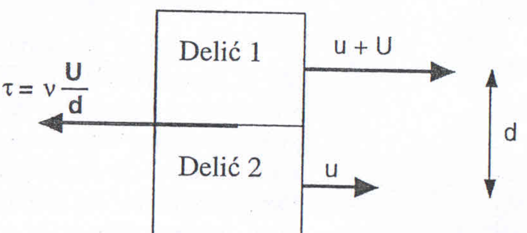
se pitali kako vazduh pod dejstvom sile gradijenta pritiska ne bude odvučen u svemir. **Pjer Simon Laplas** (1749 – 1827) je prvi objasnio zašto vazduh ne napusti Zemlju. U radu „Nebeska mehanika", publikovanom 1823. godine, objasnio je da je vertikalana komponenta sile gradijenta pritiska uglavnom u ravnoteži sa gravitacionom silom. Iz ovog balansa proističe poznati „hidrostatički zakon".

Razlika između vertikalne komponente sile gradijenta pritiska i sile gravitacije (tačnije, sile zemljine teže) naziva se „sila potiska". Ona povremeno, na pojedinim mestima, podiže ili spušta vazduh. Potisak je, kao što smo ranije naveli, prvi objasnio **Arhimed od Sirakuze** (287 – 212. p.n.e).

Dejstvo sile potiska može se lako prikazati u raznim eksperimentima. Jedan, koji potiče od Dekarta, naziva se „Kartezijanski gnjurac". Za eksperiment je potrebno imati jednu plastičnu flašu do pola napunjenu vodom, jednu plastičnu slamku dužine 2 cm, zatvorenu sa jedne strane. U slamku se sipa malo vode, da ona može da pliva kada se uroni (ako ne pliva, dodavati ili oduzimati vodu iz slamke). Zatvorimo flašu i sabijemo je. Podiže se nivo vode, a vazduh iznad nje se komprimuje. Povećani pritisak vazduha će dejstvovati kroz otvor slamke koja će početi da tone. Kada pustimo flašu, pritisak vazduha će se smanjati i slamka će izranjati.

11.5. Sila trenja

Ako se molekuli ili delići gasa ili tečnosti kreću različitim brzinama, stvaraju silu trenja na površini koja ih razdvaja. U „Principima", Njutn je 1687. godine istakao sledeće: „Otpor proističe zbog klizanja u delu fluida i srazmeran je razlici brzina između dva dela fluida". Ta sila se danas naziva sila trenja, ili napon smicanja. Smisao delovanja ove sile ilustrovan je na sl. 11.1.



Sl. 11.1. Sila trenja τ.

11.6. Centrifugalna sila

Kristijan Hajgens je 1659. godine opisao centrifugalnu silu koja se javlja pri rotiranju i deluje u polje, u pravcu normalnom u odnosu na osu rotacije. Sama reč potiče od latinske reči „fugio" (beži od) i „centrum" (centar) — sile koje deluju od centra. Hajgens je pronašao da je ubrzanje koje se stvara pod dejstvom ove sile, srazmerno kvadratu brzine i obrnuto srazmerno rastojanju tela od ose rotacije. Ova sila se javlja u tzv. relativnim sistemima kretanja. Kada se kretanje vazduha posmatra u odnosu na sistem koji je vezan za Zemlju, onda se javlja centrifugalna sila zbog rotacije Zemlje oko svoje ose.

11.7. Koriolisova sila

Druga sila koja se javlja u rotirajućim sistemima je Koriolisova sila. Da takva sila postoji, intuitivno je objasnio Halej kada je analizirao vetrove iznad velikih oblasti. On je zaključio da se putanja vazduha na severnoj hemisferi povija u desno, zbog rotacije Zemlje. **Gaspar Gustav Koriolis** (1792 – 1843) je 1835. godine razradio teoriju koja tumači ponašanje tela koja se kreću u odnosu na podlogu koja rotira. Pronašao je da ta sila deluje u desno u odnosu na smer kretanja na severnoj hemisferi, i da je srazmerna brzini kretanja. Na južnoj polulopti ona deluje u levo.



Gaspar Gustav Koriolis
(1792 – 1843)

Rođen je 21. maja u Parizu. Otac mu je bio pristalica Luja XVI. Kasnije je službovao u inženjeriji. Koriolis je 1808. godine pohađao Napoleonovu politehničku školu. Kasnije je službovao u inženjeriji. Postaje asistent na Politehničkoj školi, 1816. godine. Nikada se nije ženio, zbog lošeg zdravlja. Pripremio je rad u vezi postojanja relativnog ubrzanja za Akademiju nauka, 6. juna 1831. godine. Od 1832. godine Koriolis je bio asistent Klod Luis Navia (koji je izveo jednačinu kretanja fluida) na predmetu Primenjena mehanika škole u Pont Šozeu. Nasledio je Navia 1836. godine, kao član mehaničke sekcije Akademije nauka. Njegov najznačajniji doprinos nauci bio je opis sile u rotirajućem sistemu. Takođe je predložio da se uzme polovina „žive sile", kao izraz za kinetičku energiju i definisao je rad kao proizvod iz sile i pređenog puta.

Koriolis je objasnio da je ova sila posledica uzajamnog dejstva dva faktora. Prvi faktor, koji najjače deluje, je onaj koji potiče od komponente kretanja tela u pravcu jug – sever, a drugi od komponente kretanja u pravcu zapad – istok. Prvi faktor se javlja zbog toga što je brzina bilo koje tačke Zemlje, zbog njene rotacije, najveća na Ekvatoru i smenjuje se sa geografskom širinom (do nule ka polu). Znači, neko telo, ili mali element vazduha, koji se pokrene prema severu, ima sve veću i veću brzinu prema istoku (zbog održanja svoje količine kretanja) u odnosu na tlo ispod sebe. Dakle, relativno kretanje tela će biti zakrivljeno prema istoku (u desno na severnoj hemisferi). Slično, telo koje se kreće sa juga prema Ekvatoru, zadržava brzinu svog kretanja prema istoku, koja je sve manja u odnosu na tlo ispod sebe. Njegova putanja se zakrivljuje prema zapadu (u levo od smera kretanja). Drugi deo Koriolisove sile potiče zbog toga što na delić, krećući se prema istoku, deluje povećana centrifugalna sila, zbog rotacije. Jedna komponenta te sile deluje u vertikalnom pravcu, a druga u smeru sever – jug. Kada se telo na severnoj hemisferi kreće prema istoku, zbog ovoga telo skreće prema jugu (u desno) a zbog vertikalne komponente sile, telo bude prividno lakše nego kada bi bilo u stanju mirovanja.

Koriolisova sila je relativno mala u odnosu na druge koje deluju u atmosferi. Međutim, kada su kretanja brza, ili kada dugo traju, to dejstvo je veoma uočljivo.

Simeon Denis Puason (1781 – 1840) francuski naučnik, 1836. godine je dokazao da će zrno ispaljeno iz topa, zbog Koriolisove sile skrenuti sa pravca na kome se nalazi cilj, za neki iznos u desno, na severnoj hemisferi. U to vreme se smatralo da to nije značajno pomeranje. Međutim, 80 godina kasnije, za vreme I svetskog rata, nemački nišandžija na topu kojim je gađao Pariz, u praksi je dokazao da je ova sila itekako značajna. Naime, u martu 1918. godine, ispaljivane su granate iz specijalno napravljenog topa od 210 mm (haubice) prema Parizu, sa rastojanja od 110 km. Trajektorija granate se iznenađujuće mnogo povijala u desno, padajući na tlo 1 km u desno od cilja. Slično je zapaženo za vreme Britansko – nemačke pomorske bitke blizu Foklandskih ostrva (50°S) za vreme I svetskog rata. Britanske nišandžije su koristile tablice gađanja koje su važile samo za severnu hemisferu. Zbog toga su granate padale u more 100 m levo od nemačkih brodova. U oba slučaja to se dešavalo zbog nepoznavanja prirode dejstva Koriolisove sile. Naravno, danas svaki vojnik koji se obučava da bude tobdžija, bez obzira na stepen obrazovanja, bude naučen da pravilno upotrebljava tablice u kojima je izračunat doprinos Koriolisove sile putanji granate.

11.8. Prva jednačina kretanja za fluide

Leonard Ojler je 1755. godine, koristeći II Njutnov zakon i koncept parcijalnih diferencijalnih jednačina, prvi put napisao jednačinu kretanja za fluid (gas ili tečnost). Pretpostavio je da se kretanje vrši bez dejstva sile trenja, tj. da se element (delić) fluida ubrzava samo pod dejstvom sile gradijenta pritiska i gravitacione sile.

Ojlerov koncept jednačina kretanja, 1827. godine podržao je francuski inženjer **Klod Luis Navi** (1785 – 1836) kao i njegovi zemljaci **Simeon Denis Puason** (1831), **August Koši** (1841) i Sent Vevant (1843). Oni su dodali silu trenja u Ojlerovu jednačinu kretanja. Na sličnom problemu je 1845. godine radio Englez **Džordž Stoks** (1819 – 1903) profesor iz Kembridža, koji je na tom mestu zamenio Isaka Njutna. Stoks je kasnije tvrdio da je njegovo istraživanje bilo potpuno samostalno, jer nije poznavao francusku literaturu. Uveo je i neke pretpostavke po kojima se razlikovao od Francuza. Zbog toga se sistem jednačina koje se koriste u meteorologiji često naziva Navie – Stoksove jednačine.

Leonard Ojler (1707 – 1783)



Rođen je u Bazelu, Švajcarska, 15. aprila 1707. godine. Studirao je na Univerzitetu u Bazelu, gde je bilo 100 studenata i 19 profesora. Jedan od njegovih profesora je bio Johan I Bernuli, koji ga je zainteresovao za matematiku. Ojler je magistrirao 1723. godine, od kada počinje da radi na Teološkom dipartmentu univerziteta. Kada je u Petrogradu 1725. godine osnovana Akademija nauka, Johan I Bernuli i njegovi sinovi Danijel i Nikola II, pozvani su da u njoj rade. Na Danijelovo zalaganja, 1726. godine je pozvan i Ojler, za saradnika. Ojler odlazi za Petrograd 5. aprila 1727. godine iz Švajcarske, u koju se nikada nije vratio. U Petrograd je doputovao 24. maja 1727, gde, kao profesor matematike, zamenjuje Bernulija koji se vratio u Bazel. Oženio se i dobio petoro dece. Pruski kralj Fridrih Veliki doneo je 1740. godine odluku da reorganizuje Berlinsko naučno društvo (koje je osnovao Lajbnic). Ojleru je ponuđeno mesto u Akademiji, što on prihvata i odlazi u Berlin, 25. jula 1741. godine, gde je lepo živeo 25 godina.

Ojler je bio vrlo plodan autor. Pripremio je 380 radova od kojih je štampano 275. U toku 1752. godine napisao je rad „Principia Matus Fluidorum", objavljen 1761. godine. U njemu je izveo jednačinu kontinuiteta i opštu jednačinu kretanja. Na poziv Katarine Velike, 9. juna 1766. godine napušta Berlin i ponovo dolazi u Petrograd. Poziv je prihvatio jer se u Berlinu nije dobro slagao sa Fridrihom Velikim. Na putu za Petrograd, deset dana se zadržao u Varšavi, na poziv poljskog kralja Stanislava Ponjatovskog. U Petrograd je stigao 26. jula 1766. godine, sa svim članovima svoje porodice. Naglo mu je oslabio vid, zbog mnogobrojnih osmatranja Sunca, da bi potpuno oslepio 1767. godine. Uprkos tome, bio je i dalje vrlo aktivan u nauci. Njegova supruga je umrla 1773. godine. Tri godine kasnije, on se ponovo venčao, njenom polusestrom Salom. U 17 h, 18. septembra 1783. godine, iznenada je doživeo moždani udar. Ipak je izgovorio: „Ja umirem" i u 23 h je izdahnuo.

Ostavio je vidan trag gotovo u svim oblastima nauke, naročito u matematici. Pronašao je broj e ($e = 2{,}7182\ldots$), imaginarnu jedinicu, znak f za funkciju, itd. Svoje teorije u oblasti meteorologije, objavio je 1755. godine u „Pismima jednoj nemačkoj princezi".

Ojler je bio religiozan. Poznati francuski filozof Denis Didro jednom ga je u Petrogradu izazvao na duel o postojanju boga. Svoje argumente u prilog postojanja boga, Ojler je izrazio u obliku neznačajnijih algebarskih jednačina. Didro, koji nije razumeo matematiku, ostao je bez komentara, i, osećajući poraz, brzo se vratio iz Rusije.

Nešto drugačiji tip jednačina, 1760. godine izložio je **Žozef Luj Lagranž** (1736 – 1774). One se po njemu i zovu — Lagranžove jednačine. Kasnije, 1774. godine, **Pjer Simon Laplas** (1749 – 1827) formulisao je opšte jednačine kretanja fluida u Ojlerovom i Lagranžeovom obliku. Izveo ih je u Dekartovom pravouglom (Kartezijanskom) i polarnom koordinatnom sistemu. Potom su Navi – Stoksovim jednačinama kretanja dodate i druge jednačine (za kontinuitet fluida i termodinamička jednačina). Taj sistem od pet jednačina opisuje pet osnovnih karakteristika vazduha: tri komponente brzine kretanja, pritisak i temperaturu.

11.9. Laminarno i turbulentno kretanje

Britanski naučnik **Osborn Rejnolds** (1842 – 1912) detaljnije je posmatrao karakteristike fluida pri kretanju. Kroz dugačku cev je istakao obojenu tečnost iz rezervoara. Primetio je da su pri malim brzinama obojeni tragovi tečnosti paralelni jedan drugom. Takvo kretanje je nazvao „laminarno". Povećanjem brzine kretanja do određenog iznosa, isticanje bi bilo neuređeno. On ga je nazvao neuređeno ili „turbulentno" kretanje. Turbulentno kretanje je vrlo kompleksno, pa je i danas predmet teorijskih analiza.

Britanski naučnik ser **Horas Lemb** (1849 – 1934) dve godine pred smrt (1932) istakao je da bi, kada ode na „onaj svet", voleo da ga bog pouči o dve stvari: o kvantnoj elektrodinamici i turbulentnom kretanju fluida. Takođe je napomenuo da je optimista samo po prvoj temi, dok za drugu misli da ni taj božji savet neće razrešiti sve probleme vezane za turbulenciju.

Rejnolds je opisao karakteristike turbulencije preko jednog broja, po njemu nazvanog Rejnoldsov broj. Taj broj predstavlja odnos inercijalne i viskozne sile u fluidu. Kada pri vrlo slabom kretanju preovlađuje sila trenja, Rejnoldsov broj je mali, i tada se javljaju laminarna kretanja. Pri vrlo brzim kretanjima, ili pri maloj viskoznosti, Rejnoldsov broj je veliki, i tada se javljaju turbulentna kretanja. On je utvrdio da se taj prelaz dešava pri vrednosti Rejnoldsovog broja od 1400.

Rejnoldsova originalna aparatura kojom je eksperimentisao, danas se nalazi u hidrauličkoj laboratoriji Tehničkog odeljenja Univerziteta u Mančesteru. Nedavno su pomoću nje pokušali da ponove Rejnoldsove eksperimente. U međuvremenu, saobraćaj je postao toliko intenzivan da je velikim oscilacijama koje stvara onemogućen dolazak do ranijih rezultata.

11.10. Prvi pravi udžbenik iz dinamičke meteorologije

Do pred kraj Prvog svetskog rata bilo je razrađeno dosta teorijskih pristupa u rešavanju različitih problema meteorologije. Bilo je udžbenika koji su sumirali neke delove tih znanja. Međutim, može se reći da je tek **Feliks Eksner** (1876 – 1930) sl. 11.2, napisao prvi pravi udžbenik iz dinamičke meteorologije, 1917. godine.



Sl. 11.2. Feliks Marija Eksner.

Kada se kaže dinamička meteorologija, misli se na tumačenje osmotrenih karakteristika atmosfere korišćenjem osnovnih zakona prema kojima se ponaša vazduh u atmosferi. Osnovu dinamičke meteorologije sačinjavaju zakoni hidrodinamike i termodinamike.

Feliks Eksner je sin istaknutog bečkog fiziologa i akademika S. Eksnera. Studije je završio u Beču, gde je i doktorirao, 1900. godine. U Austrijskom institutu za meteorologiju i zemljin magnetizam počeo je da radi 1901. godine. Sekretar Instituta postaje 1907, a za direktora je imenovan 1917. godine. Zajedno sa Pernterom, 1907. godine napisao je poznati rad „Meteorološka optika“. Pisanje dinamičke meteorologije Eksner je otpočeo 1910. godine, a posao je završio posle više godina rada. Udžbenik je odštampan 1917. godine.

Pri pisanju udžbenika, Eksner je postavio cilj „da sumira dotadašnja teorijska znanja iz oblasti meteorologije“. U udžbeniku je postavio osnovu modernoj sinoptičkoj meteorologiji. Po prvi put u ovaj udžbenik je uveo problem turbulencije i površina razdvajanja (koje su kasnije nazvane frontalne

površine). Eksner je bio bliski prijatelj sa Margulesom, koji je među prvima duboko razumeo značaj teorijskog razmatranja u meteorologiji. Zbog toga su se u Eksnerovom udžbeniku našli i Margulesovi rezultati.

U periodu od 1890. do 1925. godine, učinjen je veliki pomak u oblasti dinamičke i sinoptičke meteorologije, kao i iz klimatologije. Napretku su mnogo doprineli brojni naučnici, tzv. „Bečke škole“, Julijus Han, Jozef Pernter, Vilhem Trabert, Feliks Eksner, Vilhem Šmit, Hajnrih Fiker, Albert Defant i, naravno, najveći teoretičar, Maks Margules.

Glava

12 KASNIJE TEORIJE CIKLONA I ANTICIKLONA

12.1. Uvod

Teorija Dovea o nastanku ciklona i karakteru vremena u njemu bila je široko prihvaćena oko sredine XIX veka. Uprkos tome, odmah posle toga o njoj se govorilo kao o primitivnoj i nezadovoljavajućoj teoriji.

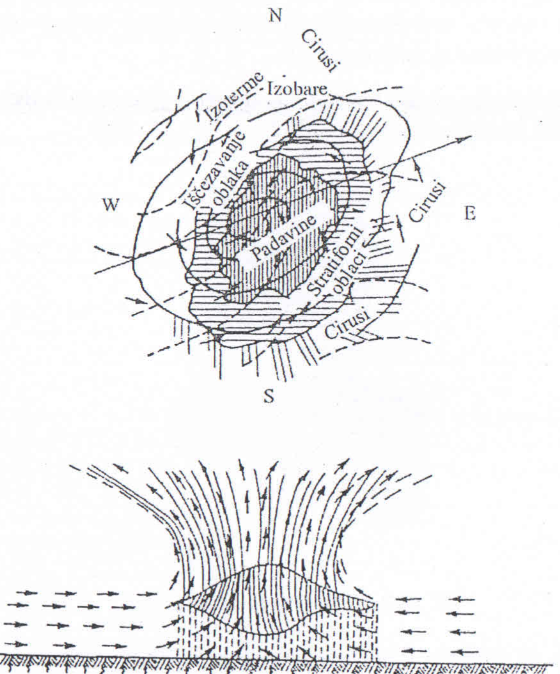
U drugoj polovini XIX veka bila je popularna konvektivna teorija ciklona. Nju je uveo Espi a kasnije još popularizovao Ferel. Tako je 1856. godine Ferel pisao: „...Govori se da harikeni nastaju sudarom dve suprotne struje, pri čemu se javlja rotacioni moment vazduha oko tačke sudara... Vrlo je verovatno da one na ovaj način dobijaju početne impulse... Očigledno, harikeni i obične oluje mogu nastati i pojačati se pod uticajem nekih sila koje deluju. Onda kada ove sile iščeznu, sila trenja vraća atmosferu u stanje mirovanja“.

Ferel je dalje tvrdio da se sile mogu proizvesti kondenzacijom vodene pare, što podiže vazduh do središnje oblasti harikena. Ova uzdižuća struja utiče na to da vazduh u njoj bude razređeniji, zbog čega vazduh iz okoline struji prema njoj. Pod uticajem devijacione (Koriolisove) sile zemljine rota-

cije, vazduh koji ulazi formira karakteristični ciklonski vrtlog. Kondenzacijom vodene pare u uzlaznoj struji stvaraju se padavine a ciklon dobija energiju od latentne toplote kondenzacije. Ovo je suština konvektivne teorije.

Ferel je početni impuls razvoja uzlazne struje video u sudaru dve struje, dok su kasnije Mon, Bučan, Lumis, i drugi, početak razvoja ciklona vezivali za lokalno zagrevanje podloge (kopna ili mora). To je teorija „lokalnog sniženja pritiska“. Smatrali su da depresija pritiska može nastati i zbog lokalnog pojačanja vetra, tzv. dinamički pad pritiska.

Uprkos ozbiljnim nedostacima, konvektivna teorija je široko prihvaćena sedamdesetih godina XIX veka. Ona je bila najprimenljivija u tropskim oblastima i u simetričnim ciklonima. Na primer, Mon je 1872. godine u radu „O vetru i vremenu“ prikazao vertikalni presek jednog simetričnog ciklona, sl. 12.1. U tom radu Mon je istakao da: „Mi moramo prihvatiti da postoje sile koje vuku vazduh prema ili od centra, oko centra ili u vertikalnom pravcu“.



Sl. 12.1. Dijagram ciklona prema Monu.

Pomorcev je 1889. godine, u radu „Pregledna studija o prognozi vremena", dao lep opis ciklona. On kaže: „Ako vazduh na nekom mestu bude snažno zagrejan, on će se kretati naviše, gde takvo zagrevanje ne postoji. Na tom mestu pritisak je snižen...Ako je vazduh koji se kreće prema centru ciklona vlažan, on će se prilikom uzdizanja hladiti i oslobađati deo vodene pare i njegove latentne toplote, što daje dalji impuls za kretanje naviše".

Nekoliko naučnika (Ferel, Bučan i Mari-Devi) je smatralo da nizak pritisak u ciklonu nastaje zbog toga što vodena para prilikom kondenzacije ostavlja neku vrstu vakuma. Sa tim se nije slagao Pomorcev. U ovom periodu bilo je i nekoliko mehaničkih teorija. Tako je francuski meteorolog **Mari-Devi** (1820 – 1893), dobar pisac ali ne uvek i precizan naučnik, napisao rad 1866. godine (i drugo izdanje 1877. godine) „Meteorologija kretanja atmosfere i mora". U njemu Devi pretpostavlja da je ciklon velika rotaciona vazdušna masa u vidu diska na određenoj geografskoj širini. Prema njemu, centrifugalna sila vuče vazduh naviše i ka osi diska, dok se pri tlu vazduh kreće po spirali od centra. Kasnije je on prikazao model ciklona koji je sastavljen od dva diska koji se nalaze jedan iznad drugog. Očigledno je osećao da prizemni sloj vazduha ima drugačije kretanje od onog na visini, što je preteča teorije o prizemnom graničnom sloju.

Kompleksniju analizu nastanka ciklona i zakona njihovog premeštanja dao je ruski naučnik **Braunov** (1852 – 1927), sl. 12.2.



Sl. 12.2. Petar Ivanovič Braunov.

On je na Glavnoj fizičkoj opservatoriji 1882. godine analizirao kretanje 48 centara ciklona na osnovu sinoptičkih karata iz perioda 1875 – 1878. godine.

Posmatrao je polje temperature i vlažnosti u blizini svakog minimuma pritiska. Našao je da postoji oblast sa toplim vazduhom koji se u vidu jezika proteže do centra ciklona. To je ono što danas nazivamo „sektor toplog vazduha". Primetno je da su horizontalni gradijenti temperature uglavnom veliki i da se „... U toku dana centar ciklona kreće više ili manje u pravcu izoterma, tako da se topliji vazduh nalazi sa desne strane". Čak je precizno našao da u sredini putanje centra ciklona zaklapaju ugao od 28° u odnosu na izoterme (putanje su pomerene za ovaj ugao u suprotnom smeru kretanja skazaljki na satu u odnosu na izoterme). Ovo pravilo o kretanju ciklona je postalo vrlo poznato. Braunov je dao i sasvim novo objašnjenje o kretanju ciklona. On je pokazao da se centar ciklona mora kretati u smeru strujanja toplijeg i vlažnijeg vazduha, i da se pritisak najviše smanjuje u pravcu normalnom na izoterme i usmeren je od toplije ka hladnijoj oblasti. Prema ovome, cikloni se najčešće kreću od zapada prema istoku. Takođe je našao da se cikloni brže premeštaju što je temperaturni gradijent veći. Na ovaj način je objasnio zašto se zimski cikloni brže premeštaju i zašto imaju u centru niži pritisak. Prema njegovoj teoriji je objašnjeno i anomalno kretanje ciklona, onih koji se premeštaju od NE prema SW, i kod kojih je toplija oblast na NW strani. Slične zaključke Braunov je dao i za anticiklone.

Očigledno da je Braunov napravio jedan značajan pomak u pogledu saznanja o nastanku i kretanju ciklona u odnosu na prostu konvektivnu teoriju. O tome je pisao **Sprung** u poznatoj knjizi „Lehrbuch der Meteorologie", koju je objavio 1885. godine.

12.2. Doprinos J. Hana

Što se tiče Hanovog doprinosa utvrđivanju prirode ciklona i anticiklona, može se reći da je on dalje razvio Doveovu teoriju. Još 1875. godine, on je istakao: „... Većina minimuma pritiska u olujama može se objasniti mehanički. To predstavlja vraćanje starim teorijama (Zurückgreifen), i zbog toga me mogu svrstati u reakcionare". Pregledajući rad dvojice indijskih naučnika (Eliota i Blanforda), Han je zaključio sledeće: „... Male razlike u pritisku mogu izazvati tako razorne oluje zbog toga što se kinetička energija velikih vazdušnih masa koncentriše i vazduh počne okretanje oko ose vrtloga". Han je tvrdio da početni impuls u stvaranju harikena predstavlja mala razlika u pritisku između dve oblasti.



Julije Ferdinand fon Han
(1839 – 1921)

Rođen je 23. marta 1839. godine, u blizini Linca, gornja Austrija. Učio je srednju školu u Kremsminstereskom manastiru. Najviše je voleo fiziku i matematiku. Studirao je na Bečkom univerzitetu. Odmah posle toga postao je predavač na univerzitetima u Insbruku i Beču, a 1873. godine postaje profesor na Bečkom univerzitetu. Za meteorologiju se zainteresovao oko sredine XIX veka. Učestvovao je u osnivanju Austrijskog meteorološkog društva 1865. godine i radio u časopisu „Zeitschrift d. Österreich Gesellschaft fur Meteorologie", koji je kasnije preimenovan u „Meteorologische Zeitschrift". To je vrlo značajan časopis do današnjih dana. Svi najznačajniji radovi iz oblasti meteorologije iz drugog dela XIX veka i prvog dela XX veka tu su objavljeni. Posle Jelinekove smrti, 1876. godine, Han je postao direktor Austrijskog meteorološkog instituta. Taj posao je obavljao do 1900. godine. Za člana Bečke akademije nauka izabran je 1892. godine. Odmah posle toga bio je sekretar Akademije. Han je sigurno jedan od najvećih meteorologa XIX veka. Bio je protivnik konvektivne teorije ciklona.

Han je izveo čitavu seriju eksperimenata sa ciljem da utvrdi prirodu vetra „fen", promenu temperature i vlažnosti u uzlaznoj struji kao i prirodi padavina. Skoro da nema ni jedne oblasti meteorologije gde Han nije dao odlučujući doprinos. Objavio je, 1872. godine, značajan naučni rad o fizičkogeografskim pojmovima „Die Erde als Ganzes..." U sinoptičkoj meteorologiji je objavio dinamičku teoriju ciklona. U klimatologiji je skupio i korelisao veliki broj klimatoloških podataka iz raznih oblasti sveta. Njegova izuzetno obimna knjiga „Handbuch der Klimatologie" doživela je četiri izdanja (prvo 1883. godine, a poslednje 1934. godine). Ona je služila kao naizbežni vodič kroz klimatologiju. Han je uradio i veliki broj klimatoloških studija za orografski komplikovane oblasti Austrije. Pri tome je dao dobro poznati metod za svođenje klimatskih naziva na duži period. Pripremio je meteorološki deo za „Fizički atlas", koji je objavio Berghaus 1887. godine.

Han je uvek u svom radu prvo sakupljao podatke, zatim ih je [illegible]lisao i na kraju je izvlačio neku vrstu zakonitosti. On je snažno isticao značaj poređenja znanja iz različitih oblasti nauke. Gotovo nikada nije pravio greške. Han je 1908. godine napustio Bečki univerzitet, ali je nastavio da uređuje časopis „Meteorologische Zeitschrift". Objavio je svoje kapitalno delo „Lehrbuch der Meteorologie" (prvo izdanje 1901, drugo 1906. i treće 1914. godine). Posle toga nije objavio nijedan značajniji rad. Umro je 1. oktobra 1921. godine.

Hanovi stavovi o strukturi ciklona i anticiklona doveli su do formiranja novog programa merenja na visinskim meteorološkim stanicama u Evropi. Od 23. januara do 3. februara 1876. godine, iznad Austrije i Švajcarske bio je visok vazdušni pritisak. Bilo je vrlo hladno sa maglom i jakim mrazom. Analizirajući ovu situaciju, Han je uočio da je na visini visok pritisak bio praćen vedrim, mirnim i toplim vremenom. Na planinskim stanicama između 1500 i 2000 m visine, temperatura se nije spuštala ispod 0°C, dok se u dolinama spuštala i do –20°C. Slična situacija je bila u decembru 1879. godine. Han je pokazao da se tako visok pritisak u anticiklonu ne može tumačiti samo termičkim faktorima. Tražio je dinamički faktor koji tome doprinosi. Pri analizi je kasnije naročito koristio podatke sa Zonblika, stare najviše opservatorije u Evropi (3106 m), koja je počela sa radom 1886. godine. U čast stogodišnjice rada Zonblika u podnožju, u Raurisu, održana je u septembru 1986. godine, Međunarodna konferencija o alpskoj meteorologiji.

Han je analizirao minimalne vrednosti pritiska za vreme zime 1886 – 1887. godine, iznad Austrije. Poredio je podatke sa Zonblika i bliske stanice u podnožju Bad Išl. Pad pritiska sa visinom je iznosio u proseku 20 mm a temperature za 8,7°C. Zaključio je da takav pad pritiska ne može da se objasni samo onim što se dešava u stubu vazduha između Bad Išla i Zonblika, već da cela vazdušna masa, koja je znatno viša od Zonblika, ima temperaturu koja je ispod prosečnih vrednosti. Ovako rashlađen vazduh ne može da se objasni samo podizanjem i hlađenjem vazduha, već i nekim netermičkim formiranjem. Iz analize merenja, Han je izveo vrlo važan zaključak: „... Da je pritisak u anticiklonu i ciklonu posledica ne samo temperaturnih uslova, već i tipom kretanja vazdušnih masa unutar njih. Temperaturni uslovi zavise od tipa kretanja, i njihova su posledica, slično kao što suvi vazduh prati odsustvo oblaka".

O karakteristikama anticiklona Han je zaključio: „... Pošto temperatura vazduha brže raste u vazduhu koji se spušta nego što opada u vazduhu koji se diže, mora biti viša temperatura u oblasti spuštanja nego u bliskoj oblasti gde se vazduh podiže".

U izveštaju Akademiji nauka od 17. aprila 1890. godine, Han zaključuje: „... Preovlađujući stavovi o uzrocima pojave anticiklona su se pokazali pogrešni, mada ih još neki podržavaju, kao npr. Ferel u poslednjem radu. Na drugoj strani, osmatranja potvrđuju ideje onih, kao ovog autora, da su cikloni i anticikloni samo deo procesa opšte cirkulacije atmosfere, tj. kinetičke energije koja se stvara iz temperaturne razlike između pola i Ekvatora". Ovaj zaključak o značaju horizontalnog temperaturnog gradijenta je sličan onom koji je izveo ranije Braunov. Narednih godina, istaknuti meteorolozi su se kon-

frontirali oko ove ideje. Deševren, Tiseran de Bor i Berson su podržavali Hana, dok su Amerikanci Harington, Roš i Klajton, zajedno sa Englezima Šouom i Dainesom, bili protiv njegove teze.

U međuvremenu, Hildebrandson je 1883. godine pokazao da u prednjem delu ciklona na svim nivoima preovlađuje južno relativno toplo strujanje, dok u zadnjem delu preovlađuje severno hladno strujanje. Ove rezultate, zajedno sa Hanovim zaključkom, koristio je **Ekoli** (1848 – 1923) koji je bio direktor Švedske meteorološke službe od 1913. do 1918. godine. On je tvrdio da je: „ciklon vrtlog koji se sastoji od dve približno suprotne struje, hladne sa zapada i tople sa istoka". To se potpuno slaže sa Hanovim radom koji je objavio u „Meteorologische Zeitschriftn" 1905. godine. Dinamička teorija ciklona i anticiklona predstavljala je važan korak napred prema naučnoj istini, bez obzira koliko je konvektivna teorija imala dosta pristalica.

12.3. Margulesova teorija ciklona

Energetski pristup kod razvoja ciklona zastupao je Maks Margules, talentovani meteorolog teoretičar, koji je bio znatno ispred svoga vremena. Njegov karakter i teške okolnosti u kojima je živeo, prinudili su ga da prekine njegove naučne aktivnosti u godinama kada bi još mnogo mogao da uradi, i da u potpunosti razradi svoje ideje o energiji oluja. Njegova sudbina je samo malo manje tragična od one Fic Roja.

Margulesov rad je šire prihvaćen tek posle njegove smrti. Svaki prognostičar vremena je upoznat sa Margulesovom formulom kojom se izračunava nagib frontalne površine. Međutim, njegovo razmatranje pojedinih vremenskih procesa je neuporedivo veće vrednosti. Margules je polazio od rešavanja teoretskih problema koji su se pod određenim uslovima mogli primeniti u praksi. Za njega se može reći da je, iako nekompletno, dao značajan doprinos razvoju teorijske meteorologije.

U Beču su, pored Margulesa i Hana, između 1890 – 1925. godine radili i drugi istaknuti meteorolozi. Među njima se ističu Jozef Pernter, Vilhem Trabert, Feliks Eksner, Vilhem Šmit, Hajnrih Fiker i Albert Defant. Oni čine poznatu „Bečku meteorološku školu". Svi su značajno doprineli razvoju dinamičke i sinoptičke meteorologije, kao i klimatologije.

Maks Margules (1856 – 1920)



Rođen je 23. aprila u Bradu, zapadna Ukrajina. Studirao je na Bečkom univerzitetu. Od 1877. do 1879. godine, radio je na Meteorološkom institutu (službi) u Beču. Na Berlinskom univerzitetu proveo je 1879. godinu. Od 1880. do 1882. godine, Margules je radio na Bečkom univerzitetu kao predavač. Zbog nekih grešaka morao je da napusti Univerzitet i da prekine univerzitetsku karijeru, koju je jako voleo. Vratio se ponovo na Meteorološki institut (službu) Austrije. Tu je radio od 1882. godine, do penzionisanja 1906. godine. Na Meteorološkom institutu (službi) Austrije, Margules je radio na nekim klimatološkim projektima. Međutim, on se nije zadovoljio sa tim, pa je od 1890. do 1893. godine napisao seriju članaka o međudnevnim promenama pritiska. Pri kraju 1890. godine organizovao je seriju merenja oko Beča sa barografima i termografima. Ta merenja je poredio sa merenjima na visinskim stanicama.

Margules se nije slagao sa konceptom da je gradijent pritiska odgovoran za kretanje atmosfere. Smatrao je da je energija oluja toliko velika da za nju ne može biti odgovorna samo energija polja pritiska. On je tvrdio da potencijalna energija vazduha i asimetrična raspodela temperature u oluji služe kao izvor za energiju kretanja. U tom smislu, 1906. godine je napisao rad „Teorija oluja".

Ideje u radu je konfuzno izložio i na prilično lošem nemačkom jeziku. Zbog toga ga niko iz naučnih krugova nije prihvatio. To ga je vrlo uvredilo, tako da je u pedesetoj godini otišao u penziju, i prekinuo sa bilo kakvim naučnim radom.

Od male penzije jedva je životario, pogotovu u godinama I svetskog rata. Njegov ponos mu nije dozvoljavao da zatraži pomoć od prijatelja iz Austrijskog meteorološkog društva. Društvo mu je 1919. godine dodelilo srebrnu medalju Hana, zajedno sa malim novčanim delom nagrade. Margules je prihvatio medalju, ali je odbio da primi novčani deo nagrade. Umro je od iznurenosti (od gladi) 4. oktobra 1920. godine, u Perštodorfu, blizu Beča.

12.4. Metod analogija

Sve teorije razvoja ciklona i anticiklona imale su krajnji cilj da se dođe do pouzdanih metoda za dobru prognozu vremena. U tom smislu, u ovom poglavlju će se navesti jedna metodologija prognoze razvoja ciklona i anticiklona, koja je poznata pod nazivom „metod analogija". Metod se sastoji u tome da se u istorijskim podacima prepozna vremenska situacija koja je najsličnija „aktuelnoj", sadašnjoj, iz koje hoće da se prognozira budući razvoj.

Osnova ove metode je vrlo stara i potiče od **Gabrijela Gilberta**, samozvanog meteorologa iz Normandije. On je provodio dečačke dane na obalama kanala La Manš. Od dede i oca je nasledio ljubav da osmatra vreme. Gilbert počinje njegove naučne aktivnosti od kada je izabran za sekretara meteorološke komisije u departmanu Kane, gde je proveo najveći deo svog života. Već 1886. godine izložio je rad sa zvučnim nazivom: „Novi metod prognoze vremena". Njegovo dugogodišnje iskustvo omogućilo mu je da dobije prvu nagradu na jedinstvenom takmičenju u prognoziranju vremena koje je organizovano u Lježu, Belgija, 1905. godine. Takmičenje je organizovalo Meteorološko društvo Belgije. Gilbert je 1909. godine objavio obimnu knjigu „Nouvelle methode de prevision du temps" – Novi metod prognoze vremena. Brojnim pravilima koja je formulisao nastojao je da se stvori utisak da je problem prognoze vremena rešen. Od njegovih 25 pravila, najvažnija su dva: Prvo je „ako je vetar u centru ciklona slabiji od normale tada će se minimalni pritisak još smanjiti". Drugo pravilo je: „centar ciklona (minimuma pritiska) se kreće u smeru u kome je vetar slabiji od normalnog".

U knjizi Gilbert je izložio i suštinu metoda analogija. On piše: „Analiziranjem sličnosti između nekog tipa polja pritiska sa izobarskim kartama iz perioda od oko pola veka, može se naći izvestan broj sličnih ili čak identičnih situacija. Na ovaj način može se naći prognostičko pravilo za dalji razvoj takve situacije".

Ideja sinoptičkih analogija razvijena je još ranije, 1870-ih godina, u Odeljenju javljanja u Americi. U Švedskoj je Ekoli, pred kraj XIX veka, rukovođen istom idejom pripremio „Rečnik vremenskih karata". Ekoli je radio 10 godina na pripremi kataloga vremenskih karata, i nije ih kompletirao. Bilo je teško naći sinoptičke situacije koje imaju, na primer, jednake raspodele padavina u Švedskoj. Zbog toga je ovaj metod napustio i pokušao je da prognozira vreme koristeći „metod izalobara" (linije jednakih promena pritiska u nekom intervalu vremena, obično 3 sata).

Katalog karata iz perioda od 15 godina (1890 – 1904) kompletirao je 1905. godine u Puli (tadašnja Austrija) kapetan Kesić. On je prepoznavao slične karte prema položaju anticiklona iznad Evrope (njihovom prirodom) i položajem centara ciklona. Katalog je bio relativno jednostavan za upotrebu.

12.5. Proroci vremena

Na kraju ove glave korisno je sagledati ponašanje tzv. „proroka vremena". To su osobe koje ne znaju niti ih interesuje prihvaćena naučna metodologija u ovoj oblasti. Ali, oni veruju da su pronašli novi metod za tačno prognoziranje vremena za nedelju dana, mesec, godinu ili čak na duži period. Takvih proroka („vidovitih Zorki") je bilo na svim prostorima i u svim istorijskim periodima. Njihov rad se zasniva na širokom opsegu metoda, počev od onih koji predstavljaju čistu fantaziju i grubo šarlatanstvo, do onih koji imaju neko zrnce istine.

Proroci nemaju osnovna znanja iz meteorologije i njih ne zanimaju izmereni meteorološki podaci. Njih sačinjavaju ljudi različitih profesija i životnog doba. Navešće se neki koji su šire poznati. Demčinski je bio železnički inženjer, Falb ministar, Matie seljak, Lamark poznati prirodnjak, Morison oficir i astrolog, itd. Samo u XIX veku bilo je takvih proroka više od stotinu.

Postavlja se pitanje zašto je o njima ovde potrebno govoriti. Mislim da bi trebalo govoriti iz više razloga. Prvo, zbog toga što je iz ovoga potrebno izvući neku trajniju pouku. Drugo, proroke afirmišu prvenstveno mediji, pa to mnogo govori o stanju svesti u ovoj oblasti. Jer, njima je interesantniji stav neuke i napadne osobe, nego afirmisanih naučnika iz uže naučne oblasti. Afirmisanje proroka govori o nivou razvijenosti naučnih pogleda ljudi koji veruju prorocima. Pojava proroka naročito je izražena u nekim periodima razvoja meteorologije. Obično su to periodi kada postoji opšti interes za dugoročne prognoze, povremene vremenske fenomene, itd. Aktivnosti proroka su uglavnom vrlo negativne za struku. Ali, oni u zdravim sredinama mogu biti u izvesnom smislu i pokretači razvoja nauke. Jer, u tolikoj meri se nameću da to počne da smeta svim faktorima odlučivanja, i onda se organizuju posebni naučni projekti koji uvek uspeju da reše neke naučne probleme.

Šta je to što proroke tera da se bave proročanstvom vremena? Ako se radi o zdravim osobama (što nije čest slučaj), onda je uglavnom u pitanju

njihovo mišljenje da su u pravu, i da oni čine veliko dobro narodu. Često je i materijalni faktor u pitanju. Tako je Englez Marfi imao veliku sreću da pogodi da će 20. I 1838. godine, u Londonu biti ekstremno hladno (–20°C). Zbog toga je preko noći postao slavni prorok. Uspeo je da proda 45 izdanja svojih „Almanaha" (u kojima je prognozirao vreme) i da zaradi 3000 funti sterlinga. Takođe su Demčinski i Falb postali poznati preko granica svojih zemalja (Rusije i Nemačke). Često su proroci bili pod zaštitom nekakvih naučnika (ali ne naučnika iz meteorologije, već iz drugih oblasti).

Vremenske prognoze proroka uglavnom su se zasnivale na praćenju ponašanja životinja i biljaka, kretanju Meseca, položaju nebeskih tela, klimatološkim srednjacima i na različitim vrstama periodičnosti. Popularna metoda prognoze bila je zasnovana na praćenju ponašanja paukova. Tako je Dis-žonval, ranije član Francuske akademije, a kasnije ađutant generala Pišeroa, uspešno pogodio da će u decembru 1794. godine, biti jaki mrazevi. Zbog toga je general Pišero uspešno prošao sa vojskom preko zaleđene Mase i tako 28. decembra 1794. godine, zauzeo celu Holandiju. Slava Dišžonvala je bila velika. Tada je u revolucionarnom zanosu (Francuske revolucije) stvorena nova „nauka" nazvana „araneologija" – paukologija (od Grčke reči *αραχνη*, ili latinske aranea). Između 1798. i 1801. godine, njegov rad je preveden na više jezika.

Mnogi naučnici i pronalazači su prognozirali vreme prema praćenju Meseca. Jedan od takvih bio je poznati prirodnjak Lamark (1744 –1829). On je štampao prognoze vremena u svojim Meteorološkim godišnjacima za godine od 1800. do 1811. I Nemac Falb (1838 – 1903) je bio poznati „lunarni prorok". On je posmatrao kritične dane pri kojima se javljaju Sunčeve aktivnosti, snežne padavine u planinama u toku leta, jake padavine, mrazeve, itd. Falb je u štampi bio vrlo popularan. Polemike naučnika sa njegovim stavovima nisu umanjile njegovu popularnost.

Demčinski (1851 – 1915), železnički inženjer je napisao 1901. godine: „Pošto je pokazan uticaj Meseca na vreme, ja sam odlučio da počnem sa izdavanjem specijalnog časopisa (Demčinskijev časopis o klimi). U njemu su štampani različiti radovi kao i mesečne ili prognoze za mesec i po. Prognozu je davao u vidu grafikona za brojna mesta u Rusiji i ostatku Evrope. Kasnije je prognozom obuhvatio SAD, Japan i Indiju. Prognoze su mu objavljivane čak u Britanskim novinama „The daily mail". Teško je govoriti da je on imao ikakav jasan princip na kome je zasnivao prognoze. Napominjao je da posle svakih 652 do 656 dana, tj. svake druge mesečeve godine, sinoptičke karte se ponavljaju. Smatrao je da su sume temperatura za 8. 9. 10. i 11. lunarni mesec konstantne. Takođe je tvrdio da je atmosfera i promena atmosferskog pritiska pod snažnim uticajem elektromagnetnih efekata.

Njegove aktivnosti su naišle na žestok otpor zvaničnih meteorologa – sinoptičara. Izvršili su analizu njegovih prognoza i utvrdili da se radi o sasvim proizvoljnim i na ničemu zasnovanim prognozama. Njegov značaj je u tome što je podstakao zvanične meteorologe da se bave dugoročnim prognozama vremena.

Proroci vremena, nezavisno od toga koji metod koriste, odakle su, u kom vremenu rade i kojoj društvenoj poziciji pripadaju, imaju jednu zajedničku osobinu. Oni misle da zvanične prognoze vremena sadrže grube greške i da su oni pozvani da reše „nerazvijenu granu nauke kakva je meteorologija". Proroci poneti slavom koju im prilepi primitivna javnost, ne prezaju ni od toga da izazivaju i vređaju naučne dragulje. Tako je francuski prorok, zemljoradnik Mati, ismevao slavnog naučnika Leverjea, direktora Pariske opservatorije. Mati je 1863. godine napisao pamflet „Lekcije iz kosmologije upućene gospodinu Leverjeu". Takve „lekcije" se ispisuju do današnjeg dana u svim sredinama pa i u našoj. Proroci opstaju zahvaljujući beskrupuloznim sredstvima informisanja, koja su jednog velikog Fic Roja naterala da izvrši samoubistvo 1865. godine. Te „lekcije" prihranjuje neobrazovana javnost koja uvek pre prigrli slatkorečive prevarante, šarlatane i neznalice nego mudre, strpljive i odmerene naučnike. Proroci uvek mogu takvu javnost darivati onim što ona očekuje – prognozama vremena za mnogo duži period vremena nego one koje su zasnovane na naučnim metodama. Jer, njih ne sprečava ništa: ni moral, ni neznanje, ni naučna metodologija. Pred prorocima nema prepreka, jer oni su šarlatani. Ničega se ne stide.

Glava

13 KRETANJA U ATMOSFERI

13.1. Opšte o kretanju u atmosferi

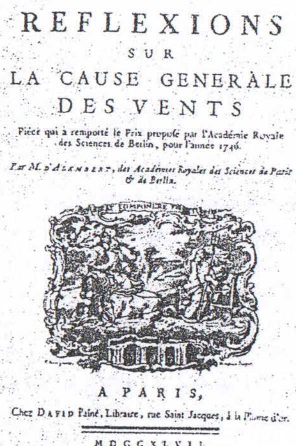
Vetar, lokalno kretanje vazduha ili globalno, iznad velikih oblasti, nastaje kao težnja da se izjednači razlika u temperaturi i pritisku koji nastaju zbog različitog iznosa toplote Sunca koje dobijaju pojedini delovi Zemlje, kao i zbog različitog raspolaganja tom toplotom. Iz ovih razloga se pojavljuju sile koje pokreću vazduh. Prirodu kretanja vazduha sagledavali su ljudi u raznim istorijskim periodima, ali je britanski naučnik **Džordž Hadli** (1686 – 1768) sredinom XVIII veka prvi uspeo da to jasno sagleda i opiše. Međutim, ni on nije uspeo da u potpunosti razume povezanoost globalnog kretanja sa rotacijom Zemlje. Kada vazduh krene od centra visokog ka niskom pritisku da neutrališe uspostavljenu razliku u pritisku, on je primoran, zbog rotacije Zemlje, da menja smer kretanja za određeni iznos. Koliko skreće, i od čega sve zavisi to skretanje, objasnio je francuski naučnik **Gustav Gaspar Koriolis** tek 1835. godine. Zapravo, on je dao opštu teoriju relativnih kretanja koja je kasnije primenjena (prvenstveno od Puasona 1836. godine) na kretanja koja se posmatraju u odnosu na Zemlju.

Lokalna kretanja vazduha, npr. između kopna i mora, takođe se ja-

vljaju kao posledica nastojanja da se izjednače razlike koje proističu od osobina vode koja se manje zagreje od kopna pri istoj primljenoj količini toplote. Tada u toku dana vazduh iznad zagrejanog tla se više zagreje od vazduha iznad vode i počinje da se uzdiže. Na to reaguje hladniji vazduh iznad vode i pokrene se prema „napuštenoj“ oblasti iznad tla. Na visini se javlja kretanje u suprotnom smeru od ovoga. Tako se pojavljuje uređeno cirkulisanje vazduha, koje osećamo svakog leta kada se nađemo na morskoj obali. Slična kretanja se javljaju u predelima gde orografija (reljef) zaklanja pojedine delove tla od direktnog uticaja sunčevog zračenja. To se dešava u predelima sa širim dolinama. Tamo se javlja tzv. dolinska, ili planinska cirkulacija.

Sve ovo znamo danas. Međutim, pre oko 250 godina to se nije u potpunosti razumelo. Tako je francuski naučnik **Žan le Rond Dalamber** (1717 – 1783) isticao da sunčevo zračenje utiče samo na zagrevanje tla, i ono nije primarni uzročnik nastanka vetra.

Dalamber je 1746. godine dobio nagradu Berlinske akademije nauka za najbolji rad posvećen matematičkom opisivanju atmosfere. Žirijem je predsedavao **Leonard Ojler** (1707 – 1753). Rad je bio pod naslovom „Reflection sur la Cause Generale des Vents“ – Opis uzroka pojave vetra. Rad je bio posvećen Fidrihu Velikom, vladaru Pruske. U radu je Dalamber uveo oznaku za „parcijalne izvode“.



Sl. 13.1. Naslovna strana Dalamberovog rada.

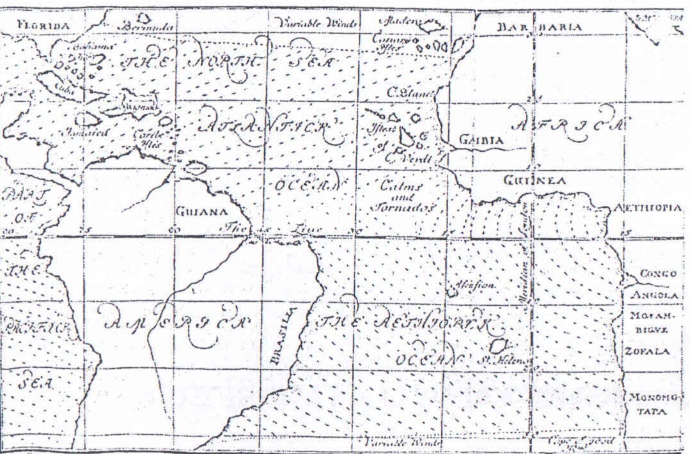


Žan le Rond Dalamber
(1717 – 1783)

Rođen je u Parizu, 17. novembra. On je vanbračni sin gospođe de Tensin, poznate salonske hostese (domaćice) i konjičkog oficira Ševalije Detuš-Kanona. Kada se rodio, majka ga je ostavila na stepenicama crkve svetog Žan le Ronda u Parizu. Otuda potiče njegovo neuobičajeno ime. Kada je njegov otac saznao gde se nalazi beba, uzeo ga je i predao na odgajanje u kuću zanatlijske porodice Ruso. Otac mu je obezbedio školovanje. Iako se nije nikada ženio, Dalamber je godinama živeo sa njegovom ljubavnicom Žilije de Lespinas. Dalamber je postao vodeća ličnost francuske inteligencije. Bio je ko-urednik novonastale Enciklopedije. Objavio je više radova iz matematike, mehanike, muzike, filozofije i astronomije. Bio je sitne građe, ali je zato bio prepoznatljiv po dubokom prodornom glasu. Važio je za čoveka koji je imao smisla za humor. Bio je dobar govornik. Dalamber je umro 29. oktobra 1783. godine.

Takođe je pokušavao da formuliše opšte jednačine za atmosferska kretanja. Međutim, njegov zaključak je bio pogrešan. Na primer, tvrdio je da je kretanje u atmosferi uslovljeno plimskim efektom zbog privlačnih sila između Sunca i Meseca. Delimično je analizirao i vetrove iznad zemlje.

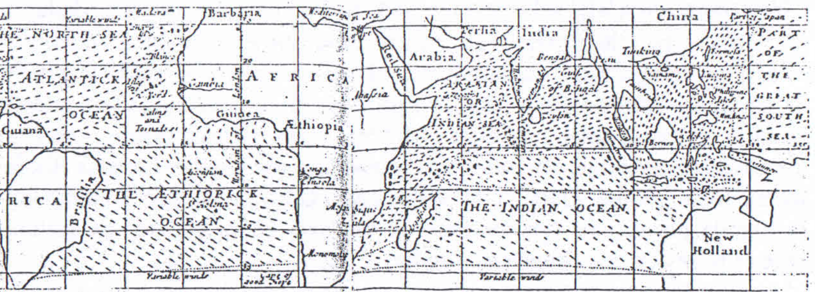
Luis Ričardson je 1926. godine istakao da se u atmosferi javljaju kretanja rasprostranjena iznad oblasti od više hiljada kilometara do onih koja su milimetarskih razmera. Kretanja najvećih razmera se nazivaju „opšta cirkulacija atmosfere“. Ona je uslovljena razlikom u temperaturi i pritisku iznad cele Zemlje, kao i rotacijom Zemlje. Kopno i okeani dodatno menjaju primarno strujanje i utiču na razvoj sekundarnog kretanja. Lokalna orografija uslovljava (lokalna) tercijalna kretanja. Javlja se kaskadni proces u kome vrtlozi najvećih (globalnih) razmera stvaraju vrtloge manjih razmera, i tako se do kretanja molekula, preko kojih se, zbog trenja, kretanje gubi i prelazi u toplotu. Ričardson je ovo poetski, ali sasvim tačno iskazao: „Veliki vrtlozi imaju male vrtloge, koji se hrane njihovom brzinom (većih vrtloga); i mali vrtlozi imaju manje vrtloge i tako sve do viskoznosti“.



Sl. 13.2. Dalamberova karta vetrova.

13.2. Opšta cirkulacija atmosfere

Kretanje u atmosferi najvećih razmera prvi je objasnio **Edmond Halej** (1656 – 1742). On je formulisao teoriju o tropskim vetrovima 1686. godine, pošto je proveo dve godine na ostrvu Sveta Jelena. Prema njegovoj teoriji, blizu Ekvatora zagrejani vazduh sunčevom energijom se podiže, a na njegovo mesto struji vazduh da nadoknadi to podizanje. Halej je govorio da u tropima vetar duva od istoka prema zapadu, prateći kretanje Sunca. Halejeva karta vetrova prikazana je na sl. 13.3.



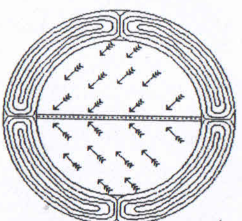
Sl. 13.3. Halejeva karta opšte cirkulacije.



Edmond Halej
(1656 – 1742)

Edmond Halej je bio britanski kraljevski astronom od 1720. do 1742. godine. On je 1705. godine predvideo povratak komete (koja se po njemu naziva Halejeva kometa). Ona se zaista povratila 1758. godine, 16 godina posle njegove smrti. Bio je prijatelj Isaka Njutna. Bio je glavni čovek koji je pronašao sredstva da se publikuje Njutnova knjiga „Principi“. Halej je dao veliki doprinos nauci o vremenu. Naročito je dobro opisao uzroke pojave pasatskih vetrova i monsuna. Prvi je te vetrove prikazao na meteorološkoj karti. Halej je svoja zapažanja o vremenu beležio prilikom putovanja da bi sastavio katalog zvezda južne hemisfere. Na osnovu toga i na osnovu prikupljenih informacija od mornara, bio je u prilici da stekne predstavu o globalnim kretanjima u atmosferi.

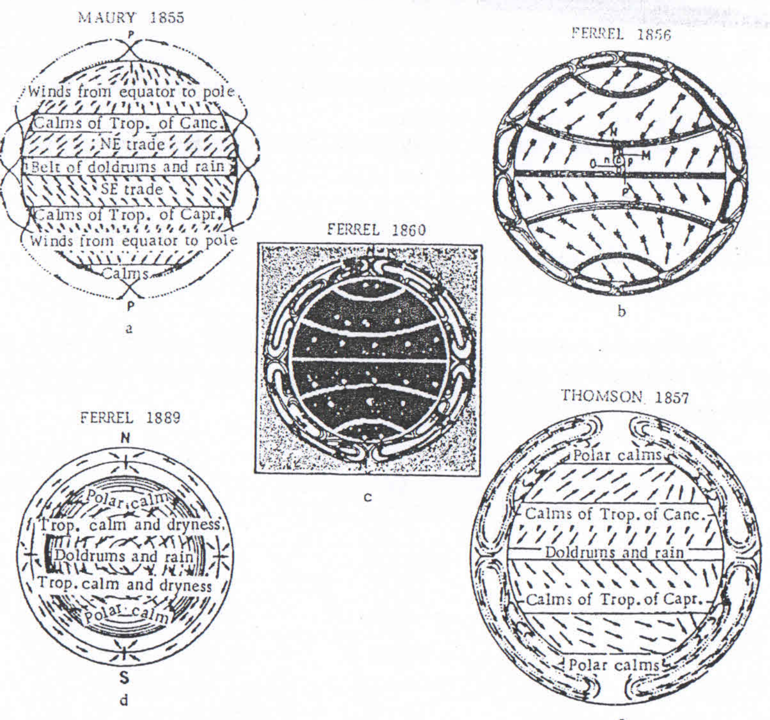
Halejev model opšte cirkulacije atmosfere je bio uprošćen zbog nedovoljnog broja podataka. Tu sliku je popravio 50 godina kasnije **Džordž Hadli** (1686 – 1768). On je bio po profesiji advokat, ali se posvetio prirodnim naukama. Hadli je 1736. godine predstavio rad o tropskim vetrovima pred Kraljevskim društvom u Londonu. On je istakao da se topao vazduh podiže iznad Ekvatora i kreće prema polovima. Tu se ohlađen spušta i prizemljem vraća prema Ekvatoru, sl. 13.4. Njegova cirkulaciona ćelija je simetrična iznad severne i južne hemisfere. Ispravno je zaključio da smer kretanja mora biti pomeren od pravca sever – jug, zbog rotacije Zemlje.



Sl. 13.4. Hadlijev model opšte cirkulacije.

Džeim Kofin (1806 – 1873) objavio je 1853. godine monografiju „Vetrovi severne hemisfere“. U njoj je prikazao seriju karata vetrova dobijenih sa 579 stanica. On je pokazao da postoje tri oblasti sa većim i manjim pritiskom koji se smenjuju od Ekvatora prema severnom polu. U svakoj od tih oblasti postoji po jedna cirkulaciona ćelija u vertikalnoj ravni koja je u pravcu meridijana. Nekoliko godina kasnije, ruski klimatolog **Aleksandar Vojejkov** (1842 – 1916) prikazao je podatke vetrova na osnovu merenja u 3223 mesta širom sveta, uključujući i brodska merenja koja je sakupljao **Maurij** (1806 – 1873).

Ovi empirijski podaci su poslužili Amerikancu **Vilijamu Ferelu** (1817 – 1891) za teorijski rad u ovoj oblasti. Ferel je na osnovu analize velikog broja podataka o vetru, okeanskih struja i polja pritiska 1855. godine, uočio da postoje dobro izražene i stabilne zone pritiska oko Ekvatora, 30° i 60° obe geografske širine. Na osnovu toga je modifikovao Hadlijevu teoriju. Prema Ferelu, postoje tri cirkulacione ćelije iznad svake hemisfere, sl. 13.5.



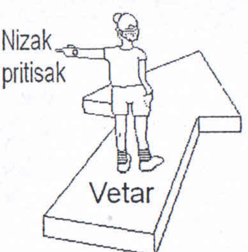
Sl. 13.5. Šema opšte cirkulacije atmosfere raznih autora.

Savremeno shvatanje opšte cirkulacije atmosfere se potpuno podudara sa Ferelovim. Cirkulaciona ćelija od Ekvatora do suptropa (30° obe širine) naziva se Hadlijeva cirkulaciona ćelija. Od suptropskog pojasa visokog pritiska vazduh se kreće prema polu, skrećući sve više u desno zbog Koriolisove sile. Ta ćelija se naziva Ferelova a treća (od 60° do pola) se naziva polarna ćelija. U Ferelovoj ćeliji (u umerenim širinama) vazduh se u prizemljù kreće uglavnom iz istog smera a na visini preovlađuju zapadni vetrovi. Između Ferelove i polarne ćelije je polarni front. U tropopauzi, iznad polarnog fronta preovlađuje meandrirajuća zapadna struja. U pojedinim delovima, nazvanim „mlazne struje" vazduh ima brzinu oko 150 km/h. Takva oblast je široka nekoliko stotina kilometara i duboka nekoliko km. Tu struju su otkrili američki piloti za vreme II svetskog rata leteći u avionima B-29 pri bombardovanju Japana. To je objasnio 1951. godine finski meteorolog Palmen.

Meandrirajuću zapadnu struju izučavao je Karl Gustav Rozbi (1898 – 1957), švedski meteorolog. On je 1939. godine prvi matematički opisao značaj meandrirajuće zapadne struje za prenos toplote u meridialnom pravcu. Po njemu se to naziva Rozbijevi talasi. To je jedno dominantno dinamičko obeležje atmosfere. Na osnovu ponašanja Rozbijevih talasa, mogu se izrađivati dugoročne prognoze vremena.

13.3. Polje pritiska i vetrovi

Holandski meteorolog **Kristof Bis-Balot** (1817 – 1890) je 1857. godine uveo jednostavno empirijsko pravilo koje povezuje smer vetra pri tlu sa poljem pritiska. Veza je prikazana na sl. 13.6.

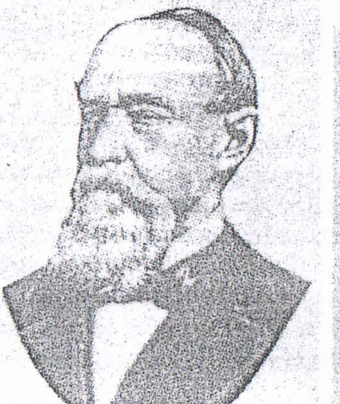


Sl. 13.6. Bis-Balotovo pravilo za severnu hemisferu.

Prvo teorijsko objašnjenje ovog empirijskog pravila dao je Vilijam Ferel oko 1859. godine. On je pronašao da kada se uspostavi polje pritiska, sila gradijenta pritiska će na početku pokrenuti vazduh da se kreće prema oblasti sa niskim pritiskom. Tada se pojavljuje Koriolisova sila, koja postepeno povija putanju delića vazduha u desno na severnoj hemisferi. Kada se uspostavi ravnoteža između ove dve sile tada se vazduh kreće paralelno izobarama, pri čemu je nizak pritisak sa leve strane (gledajući u smeru kretanja). Ferel je našao i jednačinu koja povezuje brzinu i raspored pritiska (gradijent pritiska). Britanski meteorolog ser **Neper Šou** (1854 – 1945), sl. 13.7, je 1916. godine taj ravnotežni vetar, koji je paralelan izobarama nazvao „geostrofski" vetar. Reč je sastavio od grčkih reči „geo" – Zemlja, i „strefein" – obrtati se.



Sl. 13.7. Ser Neper Šou (levo) sa V. Bjerknesom.



Vilijam Ferel (1817 – 1891)

Rođen je u Fultanu, Pensilvanija, u porodici zemljoradnika. Od 1846. do 1857. godine bio je učitelj u Montani, Kentakiju i Tenesiju. Naučnim radom se počeo baviti dosta kasno. Na to ga je podstakao Laplasov rad o „Nebeskoj mehanici“. Ferel je dao neke značajne dopune Laplasovom radu. Sa Maurijevom šemom opšte cirkulacije atmosfere upoznao se 1856. godine. Između 1859. i 1860. godine i on je nastojao da prikaže opštu cirkulaciju zasnovanu na komplikovanim hidrodinamičkim jednačinama kretanja za atmosferu, uzimajući u obzir rotiranje Zemlje. On je 1859. godine (znatno posle Koriolisa) samostalno došao do koncepta „devijacione“ sile zbog rotiranja. Ferel se bavio analizom toplotnog bilansa površine Zemlje, plimskim talasima, strujama i olujama. On je izveo formulu za promenu geostrofskog vetra sa visinom (termički vetar) i formulisao je konvektivnu teoriju ciklona. Od 1867. do 1882. godine, Ferel je bio član američke geodetske i obalske službe, a od 1882. do 1886. godine, radio je u službi „Javljanja“. Umro je 18. septembra u Meivudu.

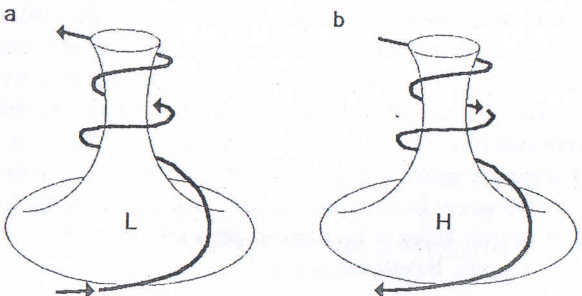
Zbog trenja vetar u prizemnom sloju do visine oko 1 – 1,5 km nije geostrofski (jer je delimično usmeren prema oblasti niskog pritiska). Od te visine stvarni vetar se skoro potpuno podudara sa geostrofskim.

13.4. Vrtložno kretanje vazduha

Leonard Ojler (1707 – 1783) i Žan le Rond Dalamber (1717 – 1783) su matematički izveli član od jednačina kretanja koji je kasnije prozvan „član vrtložnosti“. Gotovo sva kretanja u atmosferi su više ili manje vrtložna, sl. 13.8. Tako, kod ciklona vazduh rotira u smeru suprotnom kretanju skazaljke na satu, i postepeno se podiže (vrtložnost pozitivna), dok je kod anticiklona suprotnog smera (negativna vrtložnost) i vazduh se spušta.

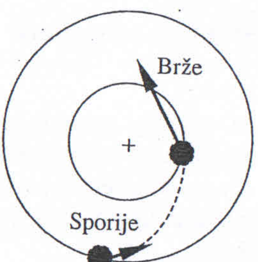
Vrtloženje se javlja kao posledica toga što se pojedini delovi vazdu-

ha kreću različitim brzinama. I sama Zemlja rotira oko svoje ose. Ta vrtložnost je uvek pozitivna. Može se posmatrati zbir vrtloženja Zemlje i vrtloženja vazduha u odnosu na Zemlju. Ona se naziva apsolutna vrtložnost.



Sl. 13.8. Vrtloženje kod: a) ciklona; b) anticiklona na severnoj hemisferi.

Prilikom rotiranja održava se uglovni momenat kretanja (proizvod mase vazduha, njegove brzine i rastojanje od centra ose vrtloženja). Kako vazduh u prizemlju kod ciklonskog vrtloženja konvergira (prelazi sa većeg na manji krug obrtanja), povećava se brzina kretanja vazduha koji je bliži osi okretanja, sl. 13.9.



Sl. 13.9. Konvergencija i povećanje brzine prema osi obrtanja kod pozitivne vrtložnosti.

Najveće brzine vazduha kod vrtloga javljaju se kod tropskih ciklona. Tamo su brzine veće od 300 km/h. U tornadima (malim vrtlozima) ispod baze grmljavinskih oblaka brzine mogu da budu i veće od ovih. Kod nas se takvi vrtlozi srećom sasvim retko javljaju, ali u SAD to predstavlja pravu moru stanovnicima iznad velikih oblasti, naročito u državi Oklahomi.

Određivanje brzine u tornadima je vrlo teško, jer oni razore sve na šta naiđu, pa i postavljene instrumente. Ipak, u XIX veku, meteorolog Elias Lumis (1811 – 1889) je te brzine procenjivao na vrlo duhovit način. On je zapazio da snažni vetrovi koji se javljaju u tornadu skidaju perje (potpuno očerupaju) sa gusaka, kokošaka, ćuraka, itd, koje zahvati u svoj vrtlog. Rukovođen ovim saznanjem, izvršio je sledeći eksperiment. Iz topa usmerenog vertikalno ispaljivao je zaklanu živinu (guske, kokoške...) umesto topovskih kugli. Lumis je izmerio da izbačena tela dostižu brzinu od oko 340 milja/času (~540 km/h). Pri ovome tela su bila rastrgnuta u manje parčiće koji su se jedva nalazili pri padu na tlo. Pre kidanja tela, svo perje je očupano sa tela. Iz ove evidencije Lumis je zaključio da je brzina vetra u tornadu manja od 340 milja/h, jer tornado je skidao samo perje, bez kidanja tela živine u parčiće.

Prvi piloti koji su leteli kroz centar („oko“) tropskog ciklona – harikena bili su kapetan Džozef Dankvort (pilot) i poručnik Ralf Ohar (navigator). Oni su 27. jula 1943. godine proleteli lakim jednomotornim avionom AT-6 iznad harikena koji se nalazio iznad Meksičkog zaliva i Teksasa. Let se vršio u okviru redovnog praćenja harikena u sezoni njihovog javljanja, sa ciljem da se poboljša njihovo prognoziranje.

13.5. Konvektivna kretanja u atmosferi

Pod konvekcijom se nazivaju vertikalna kretanja vazduha. Konvekcija se javlja kada se sloj vazduha (ili uopšte nekog fluida) zagreva sa donje strane, ili hladi sa gornje strane. Kao rezultat takvog kretanja pojavljuju se divne slike konvektivnih oblaka u vidu pčelinjeg saća (ili na vrhu šolje grupisanje praha od kafe, sl. 13.10).



Sl. 13.10. *Konvekcija u šolji kafe.*

Ovim fenomenom prvi se bavio oko 1900. godine poznati francuski eksperimentator **Henri Benar** (1874 – 1939). Prvo teorijsko objašnjenje konvektivnih kretanja dao je **lord Relej**, 1916. godine.

Benarove ćelije lako se mogu uočiti u šolji kafe. Kada vrelu kafu sipamo u šolju, i odmah dodamo kašičicu krema, na površini će se pojaviti ćelijska struktura u vidu saća. U prirodi se konvekcija javlja skoro uvek kada se vazduh u jutarnjim satima počne zagrevati od podloge. Međutim, ako nema oblaka na mestu dizanja vazduha, takve ćelije se ne primećuju golim okom (iako se mogu merenjem ustanoviti). Slične slike je zapazio nobelovac **Irvin Langmir** (1881 – 1957) 1938. godine, na površini jezera. Danas postoji kompletno teorijsko rešenje ove pojave. Matematički se ono izražava vrlo komplikovanim parcijalnim diferencijalnim jednačinama šestog stepena.

13.6. Atmosferski granični sloj

Ludvig Prandtl (1875 – 1953), sl. 13.11, nemački naučnik, 1904. godine je zaključio da se strujanje fluida u blizini čvrste podloge može podeliti na dva podsloja. Prvi, tanki, uz podlogu, koji se naziva „prizemni granični sloj“, u kome trenje ima odlučujuću ulogu, i drugi sloj iznad njega, gde je trenje zanemarljivo. U atmosferi je prizemni granični sloj debljine 1 – 1,5 km.



Sl. 13.11. *Ludvig Prandtl.*

Prandtl je 1940. godine prvi izveo jednačinu kretanja fluida u prizemnom graničnom sloju. Zajedno sa **T. fon Karmanom** (1881 – 1963), sl. 13.12, dao je prvu poluempirijsku teoriju turbulencije. Kasnije je ta teorija uopštena i primenjena na turbulenciju u atmosferi, posebno u prizemnom graničnom sloju. Karman, kao poznati američki naučnik (mađarskog porekla) iz oblasti mehanike i dinamike fluida, bavio se i statističkom teorijom turbulencije.



Sl. 13.12. T. fon Karman.

Među onima koji su se bavili fundamentalnim statističkim karakteristikama turbulencije, trebalo bi navesti **A. Fridmana** (1888 – 1925) sl. 13.13. On je poznati ruski naučnik koji se bavio raznim problemima prirode, od kosmoloških (njegov model širenja svemira) do izvođenja dinamičkih jednačina sa turbulentnim članovima. Tokom 1924. godine, izveo je razne korelacione funkcije. Uprkos kratkom životu, dao je veliki doprinos nauci. Dinamičke jednačine kretanja sa turbulentnim članovima nazivaju se Fridman – Kelerove jednačine.

Brzina vetra se od tla povećava prema gornjoj granici graničnog sloja, a po smeru, vetar skreće u desno na severnoj hemisferi. Ovu zakonitost su otkrili **Fridtjof Nansen** (1861 – 1930) i **Valfrid Vagn Ekman** (1974 – 1954), sl. 13.14.



Sl. 13.13. A. Fridman



Sl. 13.14. Valfrid Vagn Ekman.

Nansen je bio znameniti norveški istraživač Arktika. Za taj rad je dobio Nobelovu nagradu 1922. godine. Analizirajući podatke norveške Polarne ekspedicije od 1893 – 1896. godine, Nansen je zaključio da se sante leda na vodi ne kreću u smeru vetra, nego pod uglom od oko 40°. Tražeći odgovor zašto se to dešava, Nansen je diskutovao sa Ekmanom. Zaključili su da se svaki sloj vode kreće pod uticajem sloja iznad njega. Pri kretanju postoji ravnoteža između tri sile, sile gradijenta pritiska, sile trenja i Koriolisove sile. Kako se sila trenja u vazduhu smanjuje sa visinom nova ravnoteža se usporava tako da vetar mora da skrene u desno u odnosu na sloj vazduha ispod njega. Tako, ako se vrhovi vektora brzine na raznim visinama u prizemnom sloju spoje, dobija se spiralna linija, koja se naziva „Ekmanova spirala“. Ekman je ove rezultate publikovao u dva rada. Prvi je objavljen 1902. godine, a drugi, pod naslovom: „O uticaju rotacije Zemlje na okeanske struje“, objavljen je 1905. godine.

Brzine uzlaznih i silaznih konvektivnih kretanja u neoblačnoj sredini u prizemnom graničnom sloju su oko 1 m/s. Međutim, u razvijenim kumulonimbusnim oblacima one su jače od 10 – 50 puta. Zbog toga su se desile brojne avionske nesreće sa velikim brojem žrtava. Te struje se nazivaju „vazdušni slapovi“ (na engleskom, „downbursts“). Kada avion proleće kroz ovakvu oblast on nailazi na malom rastojanju na snažna uzlazna pa zatim snažna silazna kretanja. Pošto je avion blizu tla, pilot nema vremena da podesi performanse aviona i zato je pad neizbežan.

Glava

14 BERGENSKA SINOPTIČKA ŠKOLA

14.1. Prebergensko vreme

Kao što smo videli, krajem XIX veka značajan napredak je učinjen u sistemu merenja, naročito direktnim aerološkim sondiranjem atmosfere. Od 1900. godine, ta merenja su vršena neprekidno u okviru Međunarodne aerološke komisije. Drugi značajan napredak se desio na polju teorijske hidrodinamike. Tu novu eru u razvoju teorijske meteorologije započeo je **Vilhem Friman Bjerknes** (1862 – 1951) svojom poznatom teoremom o cirkulaciji. On je o tome pričao svojim studentima na časovima teorijske fizike na Univerzitetu u Stokholmu, aprila 1897. godine. Zatim je to objavio 1898, a u kompletnom obliku 1902. godine. Trebalo bi napomenuti da je u Krakovu 1896. godine, Silberštajn već bio objavio jednu od dve cirkulacione teoreme. Međutim, on je posmatrao baroklino stanje samo kao jedno prelazno stanje, bez govora o primeni. Bjerknes je, nasuprot njemu, govorio o primeni cirkulacione teoreme, i zbog toga se može govoriti da je on pravi pronalazač te teoreme.

Vilhem Friman Bjerknes
(1862 – 1951)

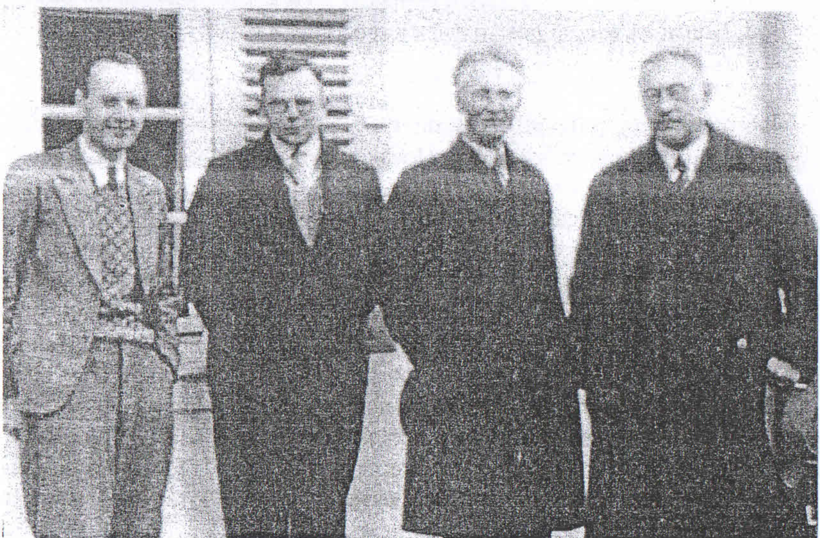


Rođen je 14. marta 1862. godine u Kristijaniju (Oslo). Otac Karl (1825 – 1903) mu je bio predavač primenjene matematike na Univerzitetu u Kristijaniju. Kada je završio studije u Norveškoj, Bjerknes je nastavio sa studijama klasične mehanike i elektromagnetizma u Parizu. Pohađao je časove kod poznatog francuskog matematičara Poenkara (1845 – 1912). Iz Pariza je prešao u Bon, Nemačka, gde je postao asistent poznatog naučnika Hainriha Herca (1857 – 1894). Od 1902. godine bavi se geofizikom, praktično meteorologijom. Od 1893. do 1907. bio je profesor škole za inženjere „Hohskola“ i profesor na Univerzitetu u Stokholmu. Između 1912 – 1917. godine radio je na Univerzitetu u Lajpcigu. U Norvešku se vratio 1917. godine. Sa svojim sinom Jakobom, i asistentima Halvor Solbergom (1895 – 1974) i Torom Beržeronom (1891 – 1977) osnovao je Bergensku meteorološku školu, koja je dala značajan doprinos savremenoj sinoptičkoj meteorologiji. On nije bio samo veliki naučnik, već je bio izuzetan i po ljudskim osobinama. Bio je izuzetno nadaren govornik i izvanredan organizator. Puno najboljih kvaliteta objedinjeno u jednoj osobi. Talentovani teoretičar i izvanredni praktičar. Uprkos kolosalnom doprinosu nauci, nije dobio Nobelovu nagradu, zahvaljujući minornoj naučnoj figuri, fizičaru Osenu, koji je bio član Nobelovog komiteta. Bjerknes je umro 9. IV 1951. godine, u Oslu.

Za vreme boravka u Stokholmu, od 1893. do 1907. godine, Bjerknes je često diskutovao o svojim pionirskim planovima sa prijateljem Nilsom Ekolmom, koji je već 1891. godine crtao neke sinoptičke karte. To je inspririsalo Bjerknesa da napravi jedan korak napred, i da klasičnu hidrodinamiku idealnih fluida učini hidrodinamikom stvarnih fluida, okeana i atmosfere. Bjerknes je napravio plan istraživanja kako bi kompleksne meteorološke probleme, naročito prognozu vremena, stavio na naučne osnove. Plan je završio 1904. godine. Taj plan je bio toliko ambiciozan i obećavajući, da je za njegovu realizaciju dobio podršku Karnegi instituta iz SAD. Podrška je bila dugoročna, i trajala je od 1906. do 1941. godine. Pomoć se sastojala u tome da je mogao finansirati talentovane mlade istraživače koji bi radili na Projektu pod rukovodstvom Bjerknesa. Prvi korak u tom pravcu bilo je osnivanje Geofizičkog instituta na Univerzitetu u Lajpcigu.

14.2. Lajpciška škola

Na osnovu svog programa od 1904. godine, Bjerknes je počeo sa realizacijom programa već u Stokholmu. Tada je, zajedno sa J. V. Sandstromom objavio udžbenik „Dinamička meteorologija i hidrografija". Ovaj rad je nastavio posle 1907. godine u Kristijaniju (Oslo). Tu je zajedno sa O. Devikom i T. Heselbergom objavio dva toma knjige, i to 1910. godine „Statistika", i 1911. godine „Kinematika". Kada je osnovao Lajpciški institut, 1913. godine, sl. 14.1, Bjerknes je pokušao da završi treći deo knjige pod nazivom „Dinamika".



Sl. 14.1. Članovi instituta u Lajpcigu: (s leva na desno) Hajnc Letau, Pol Mildner, Vilhem Bjerknes i Ludvig Vajkman.

Zbog izbijanja I svetskog rata istraživački napori su se umanjili, tako da grupa u Lajpcigu nije nikada završila ovaj treći deo knjige. Umesto toga, Bjerknes sa saradnicima, kojima se pridružio i Sverdrup, uradili su trodimenzionu analizu atmosferskih situacija prema podacima sakupljenim u okviru Međunarodnih aeroloških dana iz 1900 – 1913. godine.

Bjerknes je 1913. godine postavio sledećih nekoliko ciljeva i filozofiju na kojoj je zasnovao buduća istraživanja:

1. Verovanje da se problem prognoze vremena može rešiti fizičkim

metodama. To je tzv. racionalni fizički pristup;

2. Potreba i mogućnost primene fizičkih zakona na stanja u svakom trenutku vremena, a ne samo na srednje stanje. To je princip „analize slučajeva – „case studies";

3. Potreba za prikupljanjem podataka osmatranja u takvim intervalima vremena i prostora da se mogu naći diferencijali. To je princip gušće merne mreže;

4. Prepoznavanje potrebe za poboljšanjem sinoptičkog oruđa. Po prvi put od 1860. godine značajno se popravljaju sinoptičke karte. Predstavljena je orografija na kartama. Polje vetra je prikazivano pomoću izogona i izotaha. Visinski podaci su prikazivani na nivoima konstantnog pritiska;

5. Svaki pojedinačni podatak mora biti u saglasnosti sa opštom slikom stanja odabrane situacije.

Ovi principi rada Lajpciške škole predstavljali su potreban i dovoljan uslov da se izgradi nova ideja. Ali, za rad su bili potrebni osnovni uslovi. Život i rad u Nemačkoj, tokom rata, bivali su sve teži. Kulminacija teškoća je bila tokom zime 1916 – 1917. godine. Bila su ograničenja u hrani i drugim potrebama, pa je Bjerknes organizovao da se sa familijom i asistentima vrati u Norvešku.

14.3. Opšti uslovi za razvoj meteorologije u Norveškoj

Kada se V. Bjerknes sa dva asistenta (sinom Žakom i Solbergom) vratio iz Lajpciga 1917. godine, u Bergenu se vodila živa aktivnost oko osnivanja Geofizičkog instituta u okviru Bergenskog muzeja. Na čelu tih aktivnosti je bio okeanograf Bjern Helan-Hansen. Savet Bergenskog muzeja poslao je 17. marta 1917. godine poziv V. Bjerknesu da popuni drugo mesto profesora na Geofizičkom institutu. Pošto su mu udovoljili oko još nekih uslova, koji su mu omogućili da nastavi rad iz Lajpciga, Bjerknes je poziv prihvatio.

Nekoliko faktora je podstaklo razvoj meteorologije u okviru Bergenske škole, i to u pravcu suprotnom od onog što je isplanirano u Lajpcigu. Naime, u Lajpcigu je Bjerknes postavio zadatak da teorijskim putem nađe rešenje atmosferske dinamike. Ali, u Bergenu razvoj je krenuo u drugom, prakti-

čnijem pravcu. Prvi faktor je to što se u Bergenu živelo manje formalnim akademskim životom. Bolji su bili uslovi za primanje meteoroloških podataka. Nove kolege, naročito okeanograf Hansen, unele su novu živost u rad. Jedan faktor je odlučujuće doprineo da se okrenu praktičnom poslu umesto teorijskog. Naime, u Norveškoj se javio problem snabdevanja hranom, jer je žetva tokom 1917. godine bila jako loša. Zbog toga je Vlada u jesen 1917. godine i prvih nedelja 1918. godine podržavala svaku ideju koja bi popravila proizvodnju poljoprivrednih proizvoda. To je bio razlog zbog koga je Bjerknes skrenuo sa teorijskog na praktični rad.

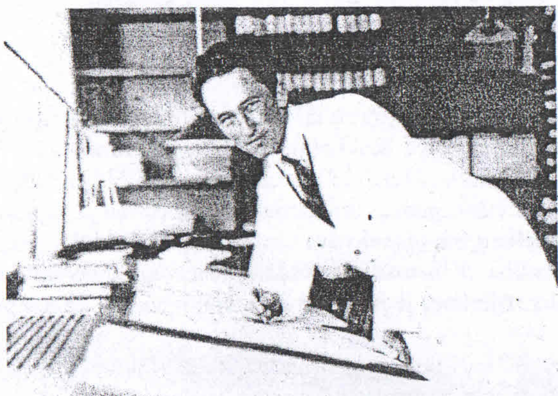
Novine „Tidens Tegn" su 13. februara 1918. godine objavile u Kristijaniju jedan izveštaj po kome meteorolozi iz Meteorološke službe Švedske snabdevaju njihove poljoprivrednike meteorološkim prognozama putem telefona. Novinari su postavili pitanje direktoru Norveške meteorološke službe Heselbergu, da li i u Norveškoj može nešto slično da se organizuje. Odgovor je bio da ima nekih problema praktične prirode koji to onemogućavaju.

Prethodni odgovor je stvorio ključni istorijski dokumenat o istoriji Bergenske škole. Naime, povodom tog intervjua, V. Bjerknes je napisao 18. februara sledeće pismo direktoru Heselbergu: „Helan-Hansen i ja smo uznemireni čitajući vaše odgovore u 'Tidens Tegn' od 13. februara. Situacija je takva da zbog čuvanja meteorologije u zemlji moramo učiniti sve što se može, jer, ovakvih situacija kao što je sada neće biti nikada, da meteorologija bude značajni resurs zemlje".

U vezi problema snabdevanja hranom javile su se brojne reakcije. Bjerknes je sklopio brojne ugovore, vojne i civilne. Imao je kratak razgovor i sa premijerom Gunar Knudsenom, posle koga je Vlada odobrila finansijska sredstva koja su potrebna da se ponudi prognoza vremena koja će poboljšati poljoprivredu.

Posle toga, Bjerknes piše pismo Arhenijusu: „Život je sudbonosan. Ja iznenada postajem meteorolog praktičar. Mi ćemo učiniti sve što možemo kako bi obezbedili vremenske prognoze za farmere. Ovakav posao se samo pokušao raditi u istočnom delu Norveške. Ali, sada, na moj predlog, dobili smo 100 000 kruna za osnivanje službe prognoze iznad cele zapadne Norveške, od Kristijansenda do Trondhajma".

Jakob Žak Bjerknes, sl. 14.2, je intenzivno radio na pripremi dnevnih prognoza vremena na osnovu povećanog broja mernih mesta osnovanih po ugovoru sa Vladom.



Sl. 14.2. Jakob Žak Bjerknes crta vremensku kartu.

V. Bjerknes tako piše Arhenijusu, 18. septembra 1918. godine: „Žak zaista uživa u radu ovde u Bergenu. Linije nepogode (squall – lines) i upravni front (steering – lines) prolaze tako često da mu daju najbolji materijal za rad koji može biti". U novembru 1918. godine Žak Bjerknes je završio briljantan rad na osam strana. U njemu iznosi revolucionarnu šemu ciklona. U tom konceptu ciklona postoji olujna i upravna linija. Kasnije su te linije nazvane „hladni i topli front", što čini dva kamena temeljca nove meteorologije.

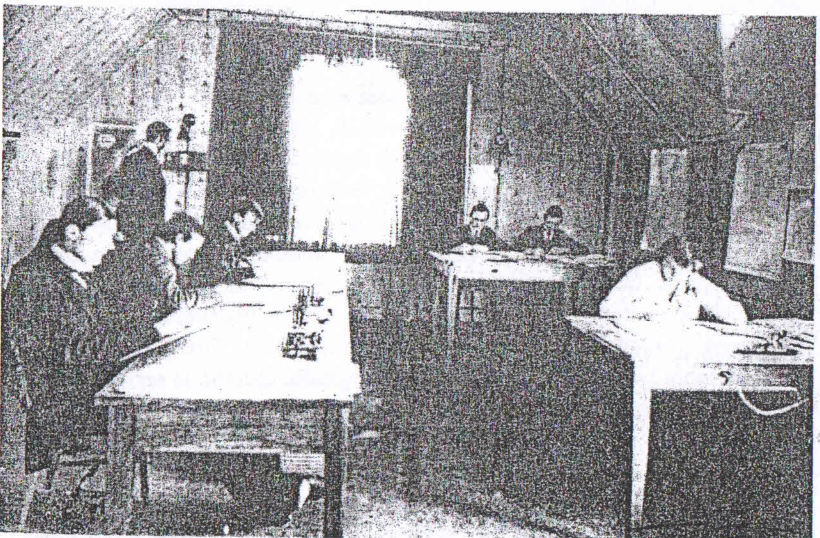
Nema nobelovaca u oblasti meteorologije

Nobelova nagrada je najprestižnija nagrada koja se dodeljuje za dostignuća u različitim oblastima nauke. Ustanovljena je 1901. godine. Nagradu dodeljuje Švedska akademija nauka na predlog Nobelovog komiteta. U oblasti meteorologije do sada niko nije dobio tu nagradu, jer meteorologija nije kao nauka upisana u spisak naučnih oblasti za koju se dodeljuje. Jedan od naučnika koji je to iskusio je Vilhem Bjerknes. On je predlagan za nagradu 1923, 1924, 1926, 1929. i 1930. godine. Za odbijanje predloga uvek je bio član Nobelovog komiteta, fizičar dr. S.V. Osen. U obrazloženju, Osen je isticao da meteorologija ne može biti oblast za dodeljivanje nagrade, a meteorologija se ne može smatrati ni kao deo fizike, i zbog toga je izvan oblasti za nagrađivanje. Takođe je isticao da je Bjerknesovu cirkulacionu teoremu već razradio Helmholc, a da teorija polarnog fronta i ciklona nije potvrđena kao meteorološki fenomen u Švedskoj. Bjerknes je ipak dobio druge istaknute nagrade. Tako je 1932. godine dobio zlatnu medalju britanskog Kraljevskog meteorološkog društva. Istu nagradu je 1940. godine dobio njegov sin Jakob (Žak).

14.4. Tor Beržeron dolazi u Bergen

U oktobru 1918. godine V. Bjerknes i njegova dva asistenta Jakob Bjerknes i Halvor Solberg su završili rad „On the Structure of Moving Cyclones“ (O strukturi pokretnih ciklona). Odmah posle toga J. Bjerknes i H. Sòlberg su krenuli u Kristijani, Stokholm i Kopenhagen, kako bi dobili podatke sa stanica drugog i trećeg reda, kao i padavinskih stanica. Naravno, usput su nastojali da pronađu ljude koji bi im pomogli da uspostave intenzivniju saradnju, i da pomognu u istraživačkom poslu. U to doba fakultetski obrazovani ljudi su lako nalazili dobro plaćen posao u Norveškoj. U Norveškoj nije bilo dovoljno obrazovanih ljudi u meteorologiji. Zbog toga su četiri mlada Švеđanina 1919. godine došla u Bergen. Dvojica od njih su bili Tor Beržeron i Karl Gustav Rozbi. Niko od njih, izuzev Beržerona, nije pre toga imao iskustva u sinoptičkoj meteorologiji.

V. Bjerknes je imao smisla da organizuje mlade ljude da harmonično rade u malom mestu Bergenu, sl. 14.3. i 14.4.



Sl. 14.3. Radna soba u Bergenu. S leva na desno su: Tor Beržeron, Karl Gustav Rozbi, Sven Rozeland, Žak Bjerknes (stoji), Sver Gasland i Johan Larsen. Mlada dama je Gunvor Ferstad koja je primala podatke telefonom i ucrtavala ih na karte.



Sl. 14.4. Bergenska škola 1934. godine (s leva na desno) stoje: H. Solberg, H. Sverdrup, S. Petersen; sede: T. Beržeron, V. Bjerknes, Ž. Bjerknes, K. Godske.

Nisu imali fiksno radno vreme, ali su vrlo često ostajali da rade do dugo u noć. S vremena na vreme, V. Bjerknes bi ostavljao svoje matematičke analize i pripitao bi ih: „Ima li neko ove noći neko novo otkriće?“

U ambijentu dugih snežnih zima, rad u toploj sobi, koja se zagrevala pomoću peći iz jednog ugla, morao je biti inspirativan, sl. 14.5.



Sl. 14 5. Kuća u kojoj je u prizemlju stanovao V. Bjerknes sa porodicom, a u potkrovlju je bila Bergenska škola.

V. Bjerknes, koji je stanovao u prizemlju kuće, bio je stalni izvor inspiracija i ohrabrivanja, naročito za one koji su se po prvi put na duže vreme odvojili od svojih porodica.

Dalji opis doprinosa koji je urađen u Bergenu, najbolje će se videti ako se prati životni put jednog od najuticajnijih članova te grupe, Tora Beržerona. On je najzaslužniji što se metod razrađen u Bergenu proširivao na druge zemlje. Da bi se razumele glavne karakterne crte, i mnogi njegovi talenti (govorio je šest jezika) trebalo bi poći od dubljih korena njegove porodice.

14.4.1. Poreklo Tora Beržerona

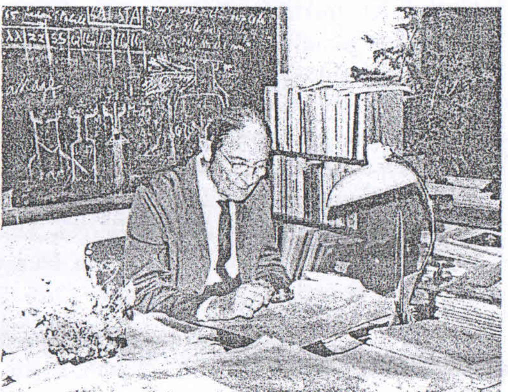
U Stokholmu je 1974. godine objavljena knjiga „Vendela", autora Brite Hebe. Knjiga opisuje život Vendele Hebe (1808 – 1888) žene velikih mogućnosti i mnogih talenata. Udala se za Klemensa Hebe (1804 – 1894), zemljoposednika iz provincije Smeland (južna Švedska) i velikog avanturistu. Sa ženom i tri male kćerke morao je da napusti Švedsku iz ekonomskih razolga. Nekoliko godina je živeo u Engleskoj, a zatim je prešao u SAD. U Americi se bavio raznim poslovima, od novinara, advokata, prevodioca, istoričara, do političara. Aktivno je učestvovao u kampanji za izbor predsednika SAD, Frenklina Pirsa.

Kada je Klemens napustio Vendelu, 1839. godine, ona se vratila u Stokholm, gde je radila kao novinar i pisac. I njene tri kćerke su bile vrlo obdarene umetnice. Srednja ćerka, Tekla (1835 – 1861) bila je glumica, ali je rano umrla od tuberkuloze. Ona je baba Tora Beržerona. Tekla je rodila sina Armanda u Francuskoj, 1861. godine, u vanbračnoj vezi sa dobro poznatim publicistom i političarem Augustom Solomonom (1824 – 1874). Odmah posle porođaja je umrla. Bebu Armanda (oca Tora Beržerona) usvojio je švedski bračni par Fredrik i Konstanc Bergren, vlasnici jednog hotela u Parizu. U hotel je svraćalo puno švedskih putnika za Pariz, pesnika i drugih umetnika. Bergrenovi su promenili svoje prezime u Beržeron (Bergeron), da bi odgovaralo francuskom jeziku.

Armand Beržeron (1861 – 1898) je radio kao trgovac maraka. Oženio se sa pevačicom i profesorkom pevanja, Hilde Stau. Njihovo jedino dete, Tor Beržeron, rođeno je 1891. godine u Godstonu, Engleska. Armand je umro od reumatske groznice 1898. godine, sa nepunih 37 godina. Sin i žena su ostali da žive u oskudici. Kada je prababa Vendela umrla 1899. godine, ostavila je 10 000 švedskih kruna namenjenih za školovanje Tora Beržerona. Novac je zaista dobro uložen.

Tor Harold Persival Beržeron (1891 – 1977)

Ovoliko imena za sebe je napisao u biografiji koju je sam napisao 1966. godine. Ipak, uvek je koristio samo Tor Beržeron. Rođen je 15. avgusta 1891. godine u Godstonu, Šjuri, Engleska. Srednje obrazovanje je završio 13. VI 1910. godine u Lunzbergu, Švedska. Studije je završio 28. oktobra 1916. godine na Univerzitetu u Stokholmu. Doktorirao je 20. septembra 1928. godine na Univerzitetu u Oslu. Radio je kao mladi meteorolog u Švedskom meteorološkom i hidrološkom institutu (zavodu) od 1919. do 1922. godine, a u Službi prognoze vremena Norveške, u Meteorološkom institutu u Bergenu, od (1919) 1922 – 1929. godine (Ovde je neko preklapanje podataka iz biografije koju je sam napisao). Zatim je do 1935. godine radio kao konsultant u Meteorološkom institutu u Oslu. Od 1936. do 1947. godine ponovo radi u Meteorološkoj službi Švedske. Od 1947. do 1961. godine radio je kao profesor na Odseku za sinoptičku meteorologiju Univerziteta u Upsali. Od 1953. godine rukovodio je velikim, dugogodišnjim projektom „Pluvijus" na Univerzitetu u Upsali. Bio je instruktor primene novog Bergenskog modela prognoze vremena širom sveta. Tim povodom boravio je septembra i oktobra 1953. godine u Beogradu. Održao je seriju predavanja u Saveznom hidrometeorološkom zavodu u okviru Uneskovog programa tehničke pomoći. Bio je član velikog broja komisija Svetske meteorološke organizacije. Lako je komunicirao u svim tim misijama, jer je govorio šest jezika. Oženio se 1932. godine Verom Romanovskajom prilikom drugog boravka u Moskvi. U jesen 1976. godine, odmah pošto je napunio 85. godinu života, razboleo se. Imao je kancer pankreasa. Umro je 13. juna 1977. godine u Upsali.



14.4.2. Školovanje i meteorološko osmatranje

Za vreme pohađanja srednje škole, Beržeron je boravio u internatu u Lundzbergu, blizu grada Filipstanda, u srednjoj Švedskoj. Njegov profesor je 1908. godine zadužio sedamnaestogodišnjeg Beržerona da vrši očitavanje barometra svakog jutra u toku jednog meseca. To merenje je na njega delovalo kao pravi okidač. Dečak je od samog početka postao pažljivi osmatrač meteoroloških pojava, i takav je ostao do kraja života. On je zaista bio pravi meteorološki osmatrač, ili pojava na nebu, ili na sinoptičkoj karti. Od tada je vršio osmatranje vidljivosti, vetra, oblaka itd. Lundzberg je idealno mesto za osmatranje vidljivosti. Ima dosta udaljenih objekata koji su služili kao reperi. Ubrzo je uočio da se vidljivost veoma mnogo menja.

Od 1909. godine Beržeron je provodio skoro svako leto u mestu An, blizu norveške granice. Odatle je vidljivost bila i do 45 km, a oblaci su se mogli pratiti kako se premeštaju sa Atlantika prema kopnu. Tu je, u zavetrini planina, mladi osmatrač često uočavao oblake koji su pratili planinske talase, i „oblačne sisteme", iako taj pojam još nije bio uveden u meteorologiju.

Ova osmatranja mladog đaka odredila su njegovo zanimanje, a razni scenariji koje je viđao na nebu podsticali su ga na istraživački rad. Njegova majka je uvidela njegova interesovanja, pa se upoznala sa Nils Ekolmom, meteorologom, polarnim istraživačem, i od 1914 – 1918. godine direktorom Švedskog meteorološkog instituta. To poznanstvo je bilo od velike koristi za Tora. Dobio je dobre savete od iskusnog naučnika, i mogao se u Institutu osećati kao kod svoje kuće. Upoznao je Ekolmov metod prognoze na osnovu brzine vetra i izalobara. Kada je Beržeron počeo da studira 1910. godine, Ekolm ga je savetovao da dobro savlada matematiku i fiziku, ako hoće da bude dobar meteorolog.

Oko 1915. godine zainteresovao se za atmosferski elektricitet. Našao je vezu između zamućenosti vazduha i električne provodljivosti vazduha.

U leto 1917. godine Beržeron je sa jednim pomoćnikom proveo šest nedelja u turističkoj kućici u Ara dolini (63°N, 850 m nadmorske visine). Ovo mesto nije daleko od Ana. Sve vreme se bavio osmatračkim poslom. Mesto je bilo idealno za osmatranje vidljivosti. Jednom je video planine na rastojanju od 70 km. Ta osmatranja je kasnije uključio u sažetom obliku u svoju doktorsku disertaciju, koju je odbranio 1928. godine u Oslu.

Po povratku u Stokholm posećivao je često Meteorološki institut (zavod), da bi, analizirajući vremenske karte, došao do zaključka da značajnu promenu u vidljivosti prati promena u smeru vetra. Tada ga je Sandstrom, raniji asistent kod V. Bjerknesa, a kasnije direktor Instituta, obučio kako da crta strujnice na vremenskim kartama. Tada je Beržeron uočio da promena vidljivosti nastaje pri prolasku linije konvergencije (koja se sada zove hladni front). Tako je on u jesen 1917. godine izašao na put koncepta vazdušnih masa.

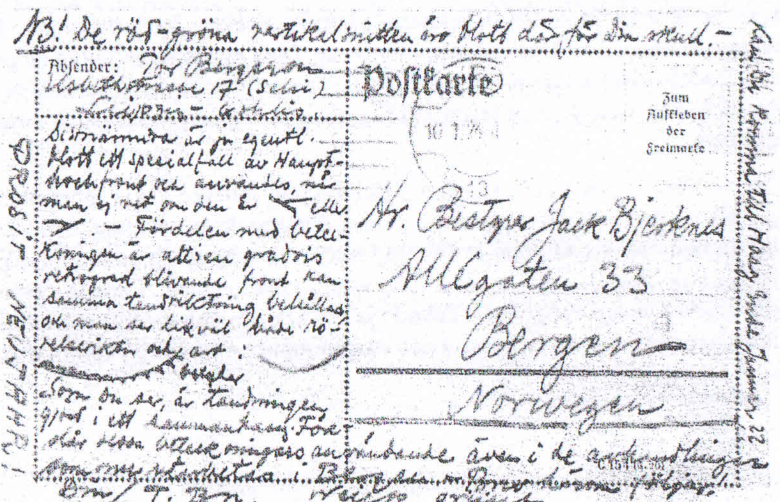
Sledećeg leta (1918. godine) Beržeron je sproveo isti program merenja, ali u mestu Abisko, na obali jezera Tornetrek, u severnoj Švedskoj. Osmatranja vidljivosti vršio je i danju i noću. Na osnovu tih merenja zaključio je da ne postoji veza između vidljivosti i osvetljenosti. Time je otvoren put optičkoj teoriji vidljivosti. Takođe je pokazao da ne postoji veza između vidljivosti i relativne vlažnosti. I ova osmatranja je obradio u svojoj doktorskoj disertaciji.

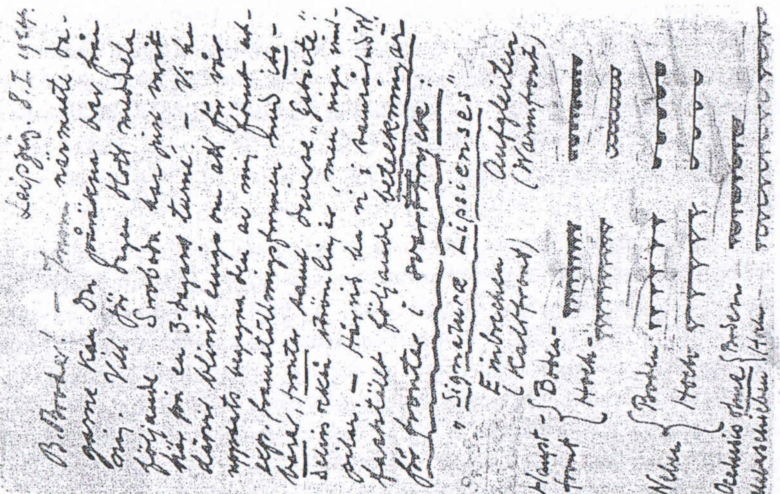
14.4.3. Beržeronov boravak u Bergenu 1919. godine

Kada je Beržeron došao u Bergen, u proleće 1919. godine, V. Bjerknes sa asistentima je već osnovao gušću mrežu meteoroloških stanica. Takođe su prethodnog leta stekli praktična iskustva u prognozi vremena. Predstavnici ribarske industrije su 1919. godine kontaktirali V. Bjerknesa da bi sklopili ugovor o najavama oluja. Međutim, on i sin mu, Žak, su se ustezali da preuzmu na sebe takvu odgovornost jer nisu imali dovoljno iskustva u tome.

Pre dolaska u Bergen, Beržeron je već imao iskustva u prognozi, jer je u Stokholmu radio na tim poslovima oko 2,5 meseca. On je u Bergen preneo metod analize izalobara, tako da su već u julu 1919. godine to praktično radili. Tokom 1919. godine u Bergenu su postepeno uvođene i druge navike. Tako, do tada je hladni front (linija nepogoda) ucrtavan na kartama uglavnom crvenom bojom, a topli front (upravna linija) plavom bojom. Rozbi je u leto 1919. godine predložio da te dve boje promene značenje, jer je logičnije da hladni front bude obeležen plavom, a topli crvenom linijom. To je prihvaćeno, i do danas se tako radi u svim zemljama sveta.

Kasnije je Beržeron predložio kako da se obeležavaju frontovi kada se karte rade u crno beloj boji. On je to uradio na poštanskoj dopisnici koju je 8. januara 1924. godine poslao Žaku Bjerknesu iz Lajpciga, sl. 14.6.





Sl. 14.6. Prednja i zadnja strana poštanske karte Beržerona sa simbolima za različite vrste frontova.

Nazivi „hladni i topli front“ se upotrebljavaju od 1919. godine. Dakle, jednu godinu po završetku I svetskog rata ovi nazivi su bili logični, s obzirom da se linija između dve vojske mogla smatrati sličnom sa linijom koja razdvaja dve vazdušne mase.

Beržeron je 18. novembra 1919. godine uočio i definisao front okluzije. Naime, toga dana je do kasno u noć analizirao vremensku situaciju od 12. novembra, kada je bio pao vrlo dubok sneg. Hteo je da pronađe zbog čega se to desilo. Uočio je da je model ciklona Žaka Bjerknesa sa hladnim i toplim frontom za ovu situaciju neodgovarajući. Beržeron je nacrtao vertikalni presek i ustanovio da se hladni i topli talas na nekom rastojanju od centra ciklona spajaju u jednu liniju, a da na visini iznad te linije postoji istisnut topao vazduh. Taj deo linije je nazvao front okluzije. Time je bergenski model ciklona bio sveobuhvatniji, i to je danas, kako je rekao V. Bjerknes, „abeceda svakog meteorologa“. Žak Bjerknes nije na početku prihvatao nikakvu izmenu njegovog modela ciklona. Kasnije, posle dugih diskusija je prihvatio Beržeronov koncept ciklona sa okluzijom.

Treći značajan doprinos Bergenske škole bilo je otkriće Halvora Solberga iz februara i marta 1920. godine. On je primetio da se, pri jednoj situaciji, linija koja razdvaja dve vazdušne mase, proteže neprekidno oko celog pola, tako da postoji čitava serija (familija) ciklona. Tako je on uočio kompleksniju organizaciju meteoroloških procesa nego što je jedan ciklon.

Uopšte gledajući, teško je strogo kazati ko je šta otkrio, ili ko je koji naziv predložio u Bergenskoj školi. Jer, oni su radili kao grupa, koja je međusobno diskutovala. I Beržeron i Žak Bjerknes i Solberg su uočili seriju ciklona. Ipak, 1922. godine, Ž. Bjerknes i Solberg su publikovali rad „Razvoj ciklona i polarni front. Teorija atmosferske cirkulacije“. Tu su govorili i o procesu okluzije, ali Beržerona nigde nisu pomenuli. Izgleda da je Beržeron bio ljut što je nepravedno izostavljen kao koautor ovog dela. Zbog toga on u svojoj autobiografiji i ne navodi da je do 1922. godine radio u Bergenu. Beržeron je napustio Bergen nešto pre Božića 1919. godine, i vratio se ponovo u maju 1922. godine.

14.4.4. Rad u Bergenu od 1922. godine do doktoriranja

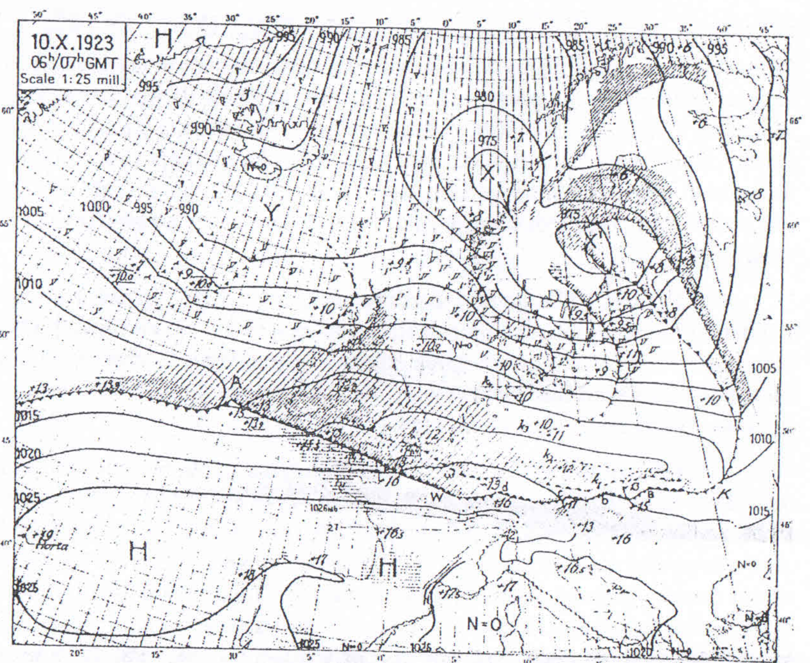
Beržeron se ponovo vratio u Bergen u maju 1922. godine, kako je rekao „za sva vremena“. Nastojao je da pronađe praktičan metod za analizu vazdušnih masa i fronta. Jednu godinu dok je bio odsutan Ž. Bjerknes, zamenjivao ga je Beržeron na mestu šefa Bergenskog prognostičkog odeljenja. Pored drugih prognostičara, tada je radio i Nemac G. Šindl. On je bio vrlo pažljiv pri analizi karata. Beržeron se 1926. godine prvi put venčao sa Šindlovom sestrom Elfrid.

U Bergen su dolazili mnogi strani meteorolozi da nauče njihov me-

tod analize i prognoze vremena. U proleće 1923. godine za njih je održan jedan seminar. U to doba uglavnom su dolazili meteorolozi iz malih zemalja. Iz većih zemalja su ređe dolazili, jer je to bila stvar prestiža. Među učesnicima seminara bio je i mladi Sver Petersen. On je studirao u Oslu, i interesovao se za meteorološki rad u Bergenu. Pitao je Beržerona da li se isplati da studira meteorologiju. Beržeron, iako je imao tek 31. godinu, odgovorio mu je kao stari čovek sa velikim iskustvom: „Ako imate veliki interes za meteorologiju, ako nećete odustati zbog teškog rada, i ako možete da podnosite razočaranje, onda možete da studirate meteorologiju". Petersen ne samo da se nije razočarao, već je ostavio neizbrisiv trag u meteorologiji, radeći kao profesor na prestižnom američkom Masačusetskom institutu za tehnologiju.

U leto 1923. godine u Bergen je navratio Ludvig Vajkman da se informiše o rezultatima rada. Za to vreme boravio je kod porodice V. Bjerknesa, i postali su bliski prijatelji. Vajkman je od jeseni te godine trebalo da preuzme položaj profesora geofizike na Univerzitetu u Lajpcigu (mesto koje je držao V. Bjerknes od 1913 – 1917. godine). Tada su se dogovorili da Beržeron otputuje u Lajpcig da bi zajedno analizirali vremenske situacije i da bi Beržeron radio na svojoj doktorskoj tezi koju je trebalo da brani u Lajpcigu. Pre odlaska u Lajpcig, Beržeron je proveo nekoliko nedelja u Engleskoj. Iz Londona je putovao kao jedini putnik jednomotornim avionom sa dva člana posade u Roterdam. To mu je bio prvi let avionom. Let je bio na visini od 1000 m, ispod baze gustog sloja altostratusa. Kada je sutradan doputovao u Lajpcig, tamo je takođe bio isti tip oblaka. Kada je on poleteo iz Londona bio je otkazan let London – Pariz, zbog kiše i niskih oblaka. Ta vremenska situacija, koju je Beržeron pažljivo osmatrao za vreme leta, ga je zainteresovala i potražio je iz Bergena da mu u Lajpcig pošalju sve karte za taj dan. Odgovoreno mu je da češki meteorolog Gustav Svoboda, koji je boravio u Bergenu, takođe želi da detaljnije analizira tu situaciju.

Kada je Svoboda krenuo za Prag, svratio je u Lajpcig sa velikom rolnom raznih vremenskih karata. Tu su se Beržeron i Svoboda dogovorili da napišu rad vezan za analizu te situacije. Vremenom je rad proširen, pa su objavili monografiju pod nazivom „Talasi i vrtlozi na kvazistacionarnoj frontalnoj površini iznad Evrope". Jedna sinoptička karta na dan Beržeronovog leta iz Londona prikazana je na sl. 14.7.



Sl. 14.7. Jutarnja vremenska situacija 10. oktobra 1923. godine. Oko podne Beržeron je leteo iz Londona u Roterdam. Gušća šrafira predstavlja padavine, a ređa altostratusni sloj.

Taj rad je napisan na nemačkom jeziku, 1924. godine, i nije naišao na značajniji odziv, pored ostalog, zato što je već tada bila aktuelnija literatura pisana na engleskom jeziku. Beržeron nije mogao ni da doktorira iz te oblasti, jer je po pravilima rad iz doktorske disertacije morao biti samostalan, bez koautora. Tako je Beržeron morao da iznova počne rad iz druge oblasti za doktorsku tezu, ali je ipak tada dosta dobio – Svobodu i Vajkmana kao prijatelja za ceo život.

Beržeron se vratio u Bergen februara 1925. godine. Odabrao je novu temu za tezu, ali mu primanja nisu bila dovoljna za život, morala je da ga pomaže majka iz Stokholma. V. Bjerknes mu je dao dodatak na platu sa ugovora sa Karnegi institutom. Beržeron i Svoboda su pregovarali sa Čerečevskim i Verleom iz Centralnog meteorološkog biroa iz Pariza o osnivanju malog meteorološkog instituta u Sarbrikenu, koji je tada pripadao Francuzima (sada je nemački). U Sarbrikenu bi se vršila sondiranja avionom na svakih 6 sati. U to vreme, u Holandiji se imalo dosta iskustva sa avionskim sondiranjem.

Sa aerodroma Sesteberg, blizu Utrehta, letove je vršio poznati pilot Bekenes. Pošto je Beržeron zamislio da za doktorsku tezu iskoristi avionska merenja da bi upotpunio teoriju, pregovori sa Sarbrikenom su bili za njega vrlo važni. Međutim, Čerečevski je 1926. godine prešao u Ameriku, i plan je propao. Rozbi i Beržeron su pokušali da organiziju visinska merenja pomoću zmaja na jednom ostrvu zapadno od Bergena. I to je propalo, jer je Žak Bjerknes bio protiv toga. Očigledno da je unutar male bergenske grupe bilo velikih spoticanja.

U avgustu 1925. godine, Beržeronov bliski prijatelj Ernest Kalvagan je poginuo u jednoj avionskoj nesreći, prilikom sakupljanja aeroloških podataka kombinovanih sa osmatranjima oblaka. Od toga dana Beržeronova noga nikada nije kročila u bilo kakav avion. Na svim putovanjima koristio je samo prizemni (kopneni ili vodeni) saobraćaj.

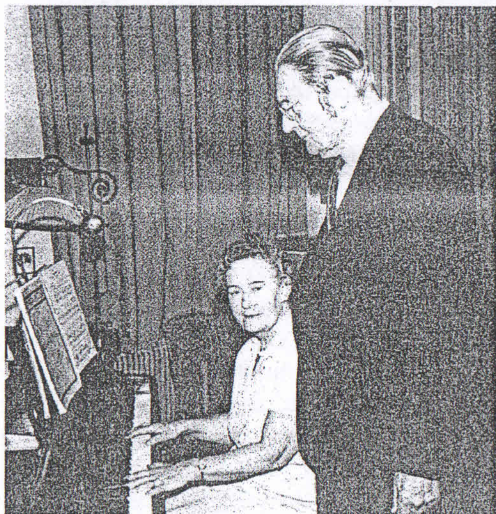
U toku zime 1926 – 1927. godine, Beržeron je otpočeo da piše svoju tezu, koju je završio početkom 1928. godine. Tezu je odbranio u septembru 1928. godine na Univerzitetu u Oslu, pod nalovom „Kombinovana trodimenziona sinopička analiza“. U njoj je sistematski razradio koncept vazdušnih masa, tropske, polarne i arktičke, kao i njihove transformacije pri premeštanju iz izvorišne oblasti. Uveo je i pojam „indirektne aerologije“. Naime, on je pokazao kako se i bez direktnih aeroloških merenja može suditi o termičkoj strukturi na osnovu kvantitativnih merenja tipa padavina, oblačnosti i vidljivosti. Deo doktorske teze je obradio u udžbeniku „Osnove dinamičke klimatologije“.

14.4.5. Beržeronova promocija Bergenske škole

Beržeron je bio najznačajniji promoter, („apostol“) ideja i tehnike Bergenske škole. Najpre je, odmah posle doktoriranja, proveo zimu između 1928 – 1929. godine na Malti. Ali pre toga odigrao se događaj koji će ga posle Malte odvesti u Moskvu. Naime, u proleće 1928. godine, italijanski dirižabl „Italija“ vršio je letove sa Špicberga prema Severnom polu. Po povratku, 25. maja, dirižabl je udario u ledeni breg. Započeta je velika međunarodna operacija spašavanja putnika. Korišćena su sva transportna sredstva, ledolomci, avioni i transporteri po ledu. Rusija je poslala snažni ledolomac „Krasin“, koji je spasao posadu dirižabla.

Po povratku broda u Lenjingrad, svratili su u Bergen, da bi dr Piše, šef Lenjingradske meteorološke službe, kao deo stručne ekipe broda, posetio Geofizički institut u Bergenu. Tu su informisani o novim metodama sinoptičke meteorologije. Pošto je Piše bio impresioniran rezultatima, pozvao je da Žak Bjerknes ili Beržeron posete Rusiju kao instruktori ruskih meteorologa. Rusija je u to vreme bila dosta zatvorena zemlja za ostatak sveta, i Bjerknes nije hteo da prihvati poziv, ali je Beržeron prihvatio.

Kada se brod Krasni vratio sa putovanja, meteorološka služba je bila preseljena iz Lenjingrada u divnu zgradu u centru Moskve. Sinoptičke karte su analizirane u sobi u kojoj su pre toga izlagane umetničke slike i ikone. Prvog dana tokom prvog boravka u Moskvi (od 23. septembra do 18. decembra 1930. godine) Beržeron je susreo Veru Romanovskoju, sl. 14.8, koja je crtala sinoptičke karte.



Sl. 14.8. Tor i Vera Beržeron u Upsali 1969. godine.

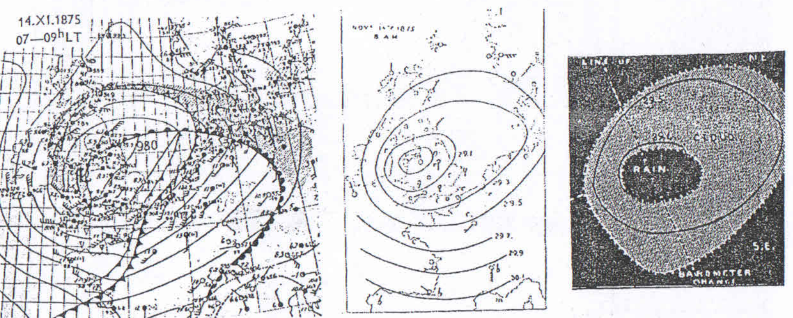
Bila je student matematike i fizike. U februaru 1932. godine (za vreme njegovog drugog boravka, od 18. decembra 1931. godine do 31. oktobra 1932. godine) Vera je postala gospođa Beržeron. Od tada mu je bila neprekidni pratilac i pomagač u naučnom radu.

U Rusiji je držao kurseve koje su posećivali uglavnom stariji i istaknutiji meteorolozi iz svih delova Sovjetskog saveza. Bili su vrlo zainteresovani za Beržeronova predavanja. Među učesnicima su bili sinoptičari Hromov i Đerđejevski. Predavanja su bila na nemačkom, a pribeleške koje je vodila Vera, prevedene su na ruski jezik. Tekst su popravljali Beržeron, Hromov i Đerđejevski. Tokom oba boravka od pribeleški su napravljena tri udžbenika na ruskom jeziku, koja su objavljena 1934. godine. Ove tri knjige su

prevođene uglavnom nezvanično i izvan Rusije. Hromov je proširio Beržeronova predavanja i sadržaj objavio pod svojim imenom, 1934. godine, kao udžbenik sinoptičke meteorologije. Drugo izdanje je izašlo 1937. godine, koje je Svoboda preveo na nemački jezik i objavio u Beču 1940. godine. Uprkos tome što su neki smatrali da je Hromov udžbenik u velikoj meri i Beržeronov, Beržeron je ostao i posle ovoga dobar prijatelj sa Hromovim.

Beržeron je u septembru i oktobru 1953. godine održao kurs iz sinoptičke meteorologije u Beogradu. Predavanje je organizovao Savezni hidrometeorološki zavod, u okviru programa UNESKO-ve tehničke pomoći. Kurs su pohađali učesnici iz svih republika SFR Jugoslavije.

Koliko je model razvoja ciklona Bergenske škole poboljšao interpretaciju izmerenih podataka vidi se na sl. 14.9.

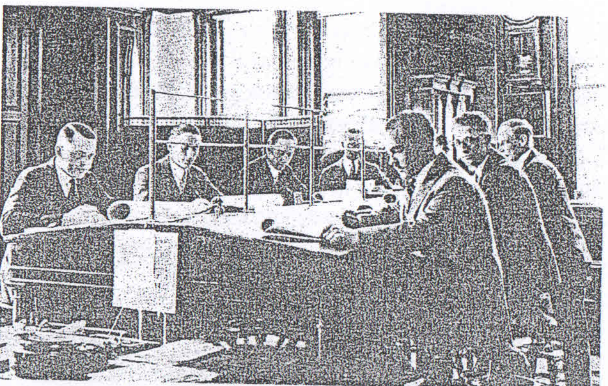


Sl. 14.9. Analiza iste vremenske situacije posle (a) i pre (b, c) prihvatanja modela Bergenske škole.

Na njoj je prikazana analiza iste vremenske situacije, na osnovu istih podataka od 14. 11. 1875. godine, posle prihvatanja tog modela, sl. 14.9.*a*, i znatno pre, sl. 14.9.*b* i *c*.

14.5. Prihvatanje Bergenske škole u SAD

Tokom više decenija, vremenske karte u Meteorološkoj službi SAD su izrađivane tako da je crtana posebno karta za svaki meteorološki element. Npr. izrađivane su karte pritiska, tendencije pritiska, oblaka, kretanja oblaka, padavina itd, sl. 14.10.



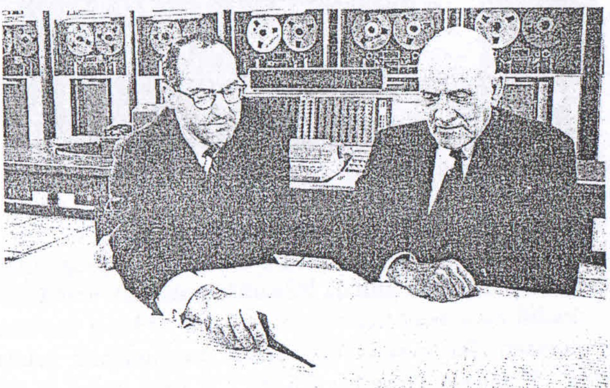
Sl. 14.10. Prognostičari u Američkoj meteorološkoj službi 1926. godine izrađuju karte sa pojednim meteorološkim elementom.

Ovo je predstavljalo gomilu karata koje je šef prognostičara morao da sagleda i na osnovu svih njih da formuliše prognozu vremena. To je bilo jako teško uraditi zbog nepostojanja jedne karte na kojoj se nalaze svi meteorološki elementi. Da bi se olakšao posao prognostičara izdata je kjniga 1916. godine „Prognoza vremena u SAD". U ovoj knjizi je bilo sabrano mnogo prognostičkih pravila koja je bilo teško primeniti, jer nije bilo jasnog koncepta o razvoju meteoroloških procesa. Može se zamisliti kako se osećao meteorolog koji bi iz mnoštva karata trebalo da stekne uvid o vremenskoj situaciji.

Uprkos ovakvom stanju, u Meteorološkoj službi SAD dvadesetih godina XX veka bilo je pojedinaca koji su nastojali da poprave postojeće loše stanje. Među njima bi svakako trebalo pomenuti dva pionira u ovoj oblasti, dr Leroi Meisingera i dr Frensis Reičelderfera. Meisinger je bio veliki entuzijasta, koji se još kao dobar student meteorologije peo pomoću balona da bi izučavao više slojeve atmosfere. Jednu takvu seriju od deset penjanja izveo je 1924. godine. Pre poslednjeg, desetog podizanja, savetovano mu je da se ne podiže zbog mogućeg razvoja jakog kumulonimbusa. On je odlučio da završi seriju od deset uzdizanja, i sa poručnikom Nilijem iz Službe javljanja se podigao balonom koji je bio napunjen vodonikom. Nažalost, električno pražnjenje je zapalilo vodonični balon i obojica su izgubili živote. Meisinger je u trenutku pogibije imao samo 29 godina.

Uprkos kratkom životu, Meisinger je smatran najistaknutijom osobom američke meteorologije. Amerčko meteorološko društvo dodeljuje redovne nagrade pod njegovim imenom. On je jedan od prvih koji je vršio analizu visinskih karata, i koji je poznavao i prihvatio teoriju polarnog fronta,

razvijenu u Bergenu. Svoju doktorsku tezu je radio kod profesora Hamfrija, koji je na atmosferu gledao kao fizičar, koji razume samo ono što se dešava u maloj zapremini fluida, a nije imao širok pogled na atmosferu, onako kako se danas radi u dinamičkoj meteorologiji. Hamfri je u svojoj knjizi „Fizika vazduha", prvo izdanje štampano 1920. godine, posvetio samo jednu stranicu vazdušnim masama i polarnom frontu. I u takvim okolnostima Meisinger je posvetio pažnju novom konceptu fronta i vazdušnim masama.

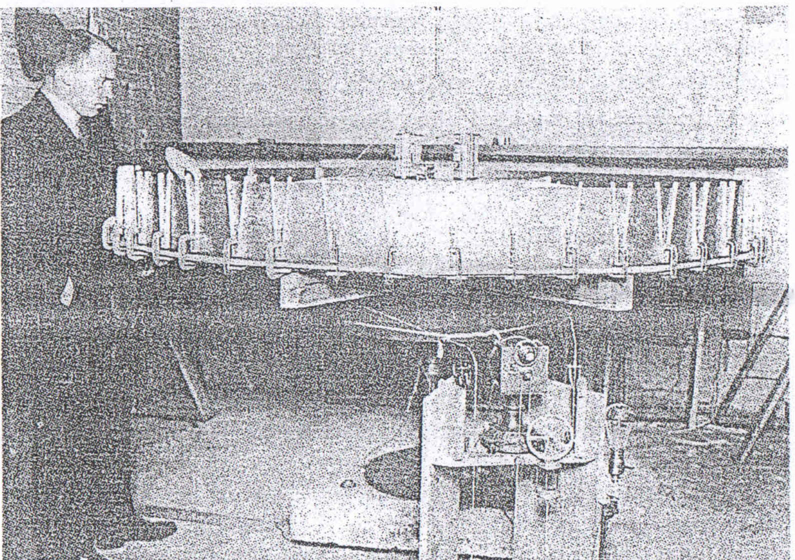


Sl. 14.11. Frensis Reičelderfer (desno) kao šef Američke meteorološke službe 1962. godine sa Džoe Smagarinskim, šefom laboratorije za istraživanja opšte cirkulacije atmosfere u Vašingtonu. Ispred njih je kompjuterska karta izolinija za severnu hemisferu izračunatih na STRETI računaru (u pozadini).

I Reičelderfer je bio pionir primene teorije vazdušnih masa i fronta u Americi, sl. 14.11. On se sa tom teorijom upoznao 1920. godine, dok se kao pomorski oficir susreo sa radom iz te oblasti. On je prvi u Americi počeo sa analizom fronta na kartama u mornaričkom centru u Virdžiniji. Odmah posle toga poslat je u Evropu da bi se upoznao sa tehnikom analize karata. Kada je doputovao na berlinski aerodrom Templehof dr Not, koji je radio kao meteorolog, rekao mu je, posle saznanja da želi da putuje u Bergen: „Zar možeš da očekuješ da se išta značajno za nauku može pronaći u majušnoj Norveškoj?" Očigledno je u glavama pojedinih ljudi bila značajna podela na „velike i male zemlje" Reičelderfer ga nije poslušao i nastavio je da radi na prihvatanju ove teorije u Americi.

Drugi važan događaj koji je doprineo širenju bergenskog modela u Americi, vezan je za dolazak Karla Gustava Rozbija 1926. godine u Ameriku, kao stipendista Gugenhajmove fondacije. Reičelderfer je puno pomagao Rozbiju da bi ostao u Americi, i da razvija poznatu školu meteorologije na Masačusetskom institutu za tehnologiju (MIT).

Na početku Rozbi nije bio dobrodošao u Americi. Meteorološka služba nije prihvatala Rozbijevo zanimanje za ideje Bergenske škole. Zaposleni u službi su bili konzervativni i govorili su mu da se Norveške ideje ne mogu prihvatiti na „prostranoj severnoameričkoj sceni". Rozbi nije odustajao od toga da uvede naučniji pristup prognoze vremena. Analizirao je vremenske karte, ali je vršio i simuliranje ponašanja atmosfere u eksperimentu „obrtnog rezervoara", sl. 14.12.



Sl. 14.12. Rozbi izvodi eksperiment simuliranja rotiranja atmosfere 1927. godine, u Američkoj meteorološkoj službi.

Uz finansijsku pomoć Harija Gugenhajma, Rozbi je 1928. godine osnovao prvi pravi department za meteorologiju na MIT-u. Prvi zadatak mu je bio da proširi frontalnu teoriju i teoriju o vazdušnim masama, tako da se stekne kompletna trodimenziona slika. Još dok je Rozbi bio u meteorološkoj službi, zapazio je mladog H. C. Vileta. On je studirao matematiku i fiziku na Prinstonskom univerzitetu, a opredelio se za prognozu vremena. Rozbi mu je obezbedio stipendiju za jednogodišnji boravak 1929. godine u Bergenu. Posle boravka u Bergenu, Rozbi ga je zaposlio na MIT-u. Okupio je i druge sposobne članove, O. Langa iz Darmštata, kao specijalistu za instrumente, G. Emonsa za analizu karata i C. Pekerisa za dinamiku atmosfere. Pošto je obezbedio nastavno osoblje, Rozbi se potrudio da privuče studente na Odeljenje za meteorologiju MIT-a. Preko Reičelderfera, koji je tada bio komandir mo-

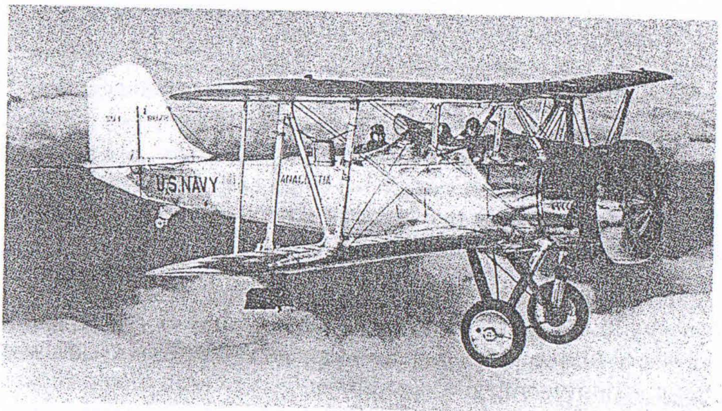
rnarice, obezbedio je da mornarica šalje studente na poslediplomske studije tokom više godina. Studije su obuhvatale analizu severnoameričkih frontova i vazdušnih masa, atmosfersku termodinamiku, tefigrame, maglu i stratusne oblake, itd. Kasnije je uspeo da iz svih rodova vojske šalju postdiplomce kod Rozbija. Obrazovanje koje su tu postigli izuzetno im je koristilo tokom II svetskog rata.

Predsednik Ruzvelt je 1934. godine osnovao Nadzorni komitet za meteorologiju, koji su sačinjavali: Karl Kompton sa MIT-a, Ajzah Bouman sa Džon Hopkins univerziteta i Karl Miliken sa Kalifornijskog instituta za tehnologiju (KIT). Posao Komiteta je bio da savetuje i nadgleda sprovođenje reforme u meteorološkoj službi. Kada su članovi Komiteta pitali zašto ne primenjuju bergenski metod, šef Marvin je odgovorio: „Zbog toga što je čovek koji je poslat da se upozna sa bergenskim metodom napustio našu službu".

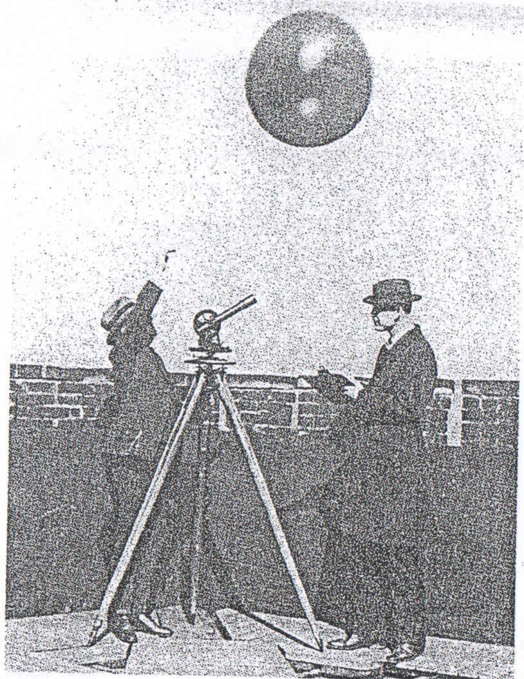
Nadzorni komitet je naložio da se primenjuje metod analize frontova i vazdušnih masa. Horas Bajers je bio ključna osoba koja je bila zadužena za primenu metoda. Bajers je 1920. godine radio sa Rozbijem, posle završetka studija na Univerzitetu Kalifornije u Berkliju. Tu je Rozbi uočio da je Bajers vrlo sposoban meteorolog.

Bajers se susreo sa nizom problema u pokušaju da uvede analizu vazdušnih masa u meteorološku službu. Kao prvo, njegovu grupu su smestili u jedan ugao odeljenja prognoze vremena, na dovoljnom rastojanju od klasičnih prognostičara. Grupa je imala dnevne diskusije analiza polarnog fronta, u čemu je Bajersu najviše pomagao Hari Veksler i Džerom Neims. Neims je 1931. godine bio zaposlen u Vašingtonu kao primalac meteoroloških podataka. On je organizovao malu grupu mladih ljudi koji su se interesovali da pohađaju večernje seminare o polarnom frontu. I sam je bio predavač na tim seminarima, na kojima su brzo širili horizont meteoroloških znanja. Neims je 1931. godine došao na MIT da studira. Počeo je sa pisanjem serije članaka u časopisu Bilten američkog meteorološkog društva, pod nazivom „Analiza vazdušnih masa i frontova". Kasnije je, od tih radova, sa saradnicima napisao knjigu „Vazdušne mase i izentropska analiza". Jedan od koautora, uz Vileta i Roberta Stouna, bio je Bernard Hauvic, koji je posetio Bergen i napisao značajan rad o Norveškoj teoriji talasa. Knjiga je bila vrlo popularna.

Neims je radio na MIT-u pod rukovodstvom Rozbija i Vileta na trodimenzionoj analizi frontova. Rađeni su vertikalni preseci na osnovu „direktne aerologije" (direktnih visinskih merenja), sl. 14.13. i 14.14, za razliku od indirektne aerologije, razvijene iz nužde (nedostatka podataka) u Bergenu.



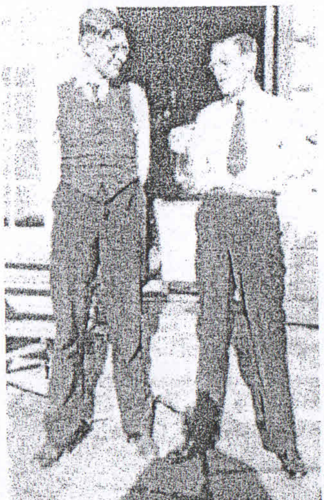
Sl. 14.13. Avion sa meteorografom okačenim na krilu, leti iznad Vašingtona 1934. godine.



Sl. 14.14. Pilot balonska merenja u američkoj meteorološkoj službi oko 1930. godine.

Zbog bolje analize vertikalnih preseka, Rozbi je tada formulisao dobro poznati dijagram nazvan „Rozbigram". Svrha je bila da se identifikuju vazdušne mase uz pomoć konzervativnih osobina potencijalne temperature i specifične vlažnosti. Jedna osa toga dijagrama je predstavljala potencijalnu temperaturu, a druga odnos smeša vodene pare, sa kosim linijama koje su predstavljale ekvivalentnu potencijalnu temperaturu. S obzirom na veliko prostranstvo Amerike, tada su realno po prvi put uočene velike razmere vremenskih fenomena.

Početkom tridesetih godina, dr Irvin Krik je osnovao Meteorološko odeljenje na Kalifornijskom institutu za tehnilogiju (KIT), čiji je predsednik bio nobelovac Miliken. Krik nije imao formalno obrazovanje iz meteorologije. Njega je za meteorologiju vezao Bajers, jer se Krik oženio Bajersovom svastikom (sestrom njegove supruge). Krik je brzo učio meteorologiju, i kao odličan predavač privukao je dovoljan broj studenata za meteorologiju. Dobro je analizirao prizemne karte i izdavao je kratkoročne prognoze za aviosaobraćaj, kao i za poznatu kalifornijsku filmsku industriju.



Sl. 14.15. Jergen Holmboe (desno) sa Karl Ludvigom Godskeom.

Sredinom tridesetih godina na MIT-u je sa Rozbijem radio i Jergen Holmboe, sl. 14.15. Iako je izvanredno analizirao vremenske karte, on se prvenstveno interesovao za dinamičku meteorologiju. Sredinom 1940. godine, on je prešao na Kalifornijski univerzitet u Los Anđelesu (UKLA), gde je bio saradnik Žaka Bjerknesa (koji je tada tu radio). Od 1935. do 1940. godine napisan je veliki broj radova i monografija iz oblasti izentropske analize.

Taj period neki nazivaju „izentropska era". To je bila efikasna metoda praćenja ponašanja „jezika" vlažnog i suvog vazduha, koja je korišćena pri prognozi padavina i oblaka. Kasniji satelitski snimci oblačnosti su potvrdili valjanost izentropskih analiza. Međutim, taj metod je tokom II svetskog rata, zbog glomaznosti, zamenjen analizom vremena na odabranim visinama atmosfere.

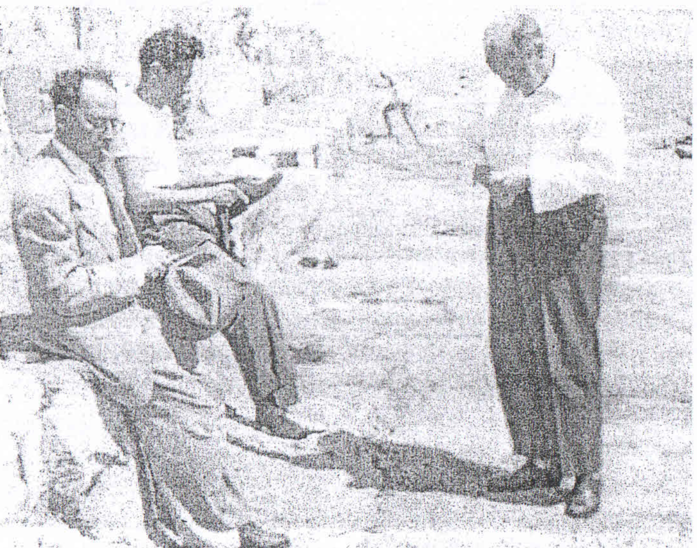
Veliki podsticaj razvoju saznanja o ciklonskim serijama i dugim talasima pred II svetski rat, imao je ugovor koji je pod okriljem Vlade potpisan između Meteorološke službe, MIT-a i Biroa za ekonomiku poljoprivrede. Cilj je bio da se izuče uslovi pri kojima se javljaju dugotrajne suše u poljoprivrednim regionima SAD, sa naglaskom na mogućnosti da se njihova pojava najavi. Ovaj projekat je ubrzao istraživanje „centara dejstva" (ciklona i anticiklona), i ciklonskih serija. Grupa na MIT-u se uglavnom bavila dugim talasima i fenomenima vremena vezanim za njih. Formulisan je model dugih talasa, koji predstavljaju značajni deo opšte cirkulacije atmosfere.

Zahvaljujući Rozbiju i zaslugom njegovih saradnika, na MIT-u je formulisan barotropni model atmosfere. Na osnovu njega formulisan je metod održanja apsolutne vrtložnosti duž trajektorije delića vazduha. Proračun fluksa vrtložnosti u to doba vršio se pomoću grafičke metode koju je razvio Fjortoft, sl. 14.16.



Sl. 14.16. Radžnar Fjortoft, 1960. godine.

Kasnije (1948. godine) ovom metodom se „izračunavala" prognoza vremena korišćenjem prvih računara. To je uradio Džul Čarni sa norveškim saradnicima Fjortoftom i Elijasenom, sl. 14.17.



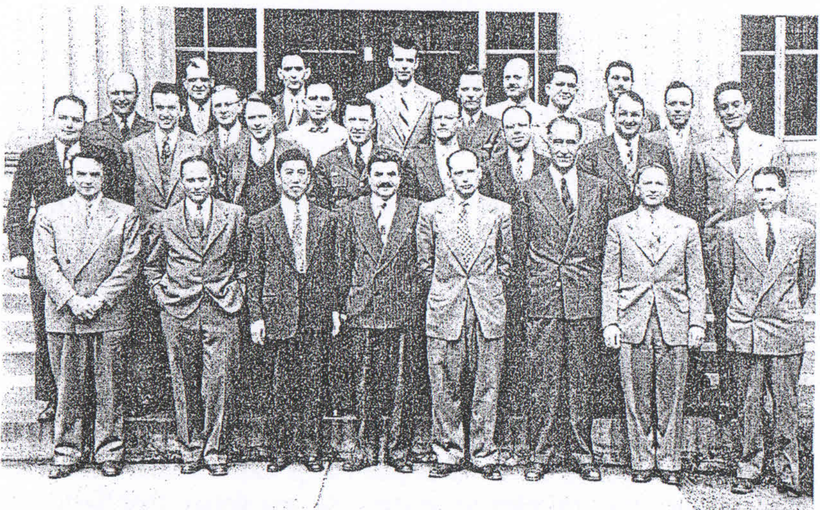
Sl. 14.17. Kratka pauza u radu pored jezera u Čikagu, 1948. godine. S desna na levo: Rozbi, Džul Čarni, Ervin Bil.

Rozbi je svojim zalaganjem uspeo da razbije konzervatizam koji je vladao u meteorološkoj službi Amerike tridesetih godina. Osposobio je istraživačku grupu na MIT-u, pa je posle II svetskog rata prešao na Čikaški univerzitet. Za svog naslednika na MIT-u izabrao je Svera Petersena, koji je nastojao da uvede objektivne metode prognoze koristeći kinematičku tehniku. Rozbi je osnovao meteorološko odeljenje na Univerzitetu u Čikagu, imajući u vidu da bi tu radio Horas Bajers, koji je još uvek radio u meteorološkoj službi. I tu je Rozbi okupljao viđene meteorologe. Pored ostalih, stalni gostujući profesor je bio Erik Palmen, sl. 14.18, koji je kasnije, 1969. godine, napisao poznati udžbenik „Opšta cirkulacija atmosfere“, zajedno sa C. Njutnom.

Neki velikani meteorološke nauke u Americi okupili su se 1952. godine na MIT-u, na Konferenciji „O procesima velikih razmera u atmosferi“, sl. 14.19. S leva na desno, u prvom redu su: Henri Samela, Hard Vilet, Hjao-Lan Kuo, Sam Solot, Ralf Šapiro, Žak Bjerknes, Edvard Lorenc, Viktor Star. Drugi red: Bil Vidžer, Dejv Fulc, Šerman Louvel, major Don Martin, Seimur Hes, Džordž Benton, Hari Veksler, Džul Čarni. Treći red: poručnik Edvard Dolezer, Dan Kuli, Robert Vajt, Eberhard Val, Robert Long, Jeil Minc. Četvrti red: Ganter Leser, Tomas Kegan, major Filip Tomson, Hajnc Letau, Džulius London.



Sl. 14.18. Erik Palmen.



Sl. 14.19. Velikani meteorološke nauke u Americi na Konferenciji od 25 – 28. marta 1952. godine na MIT-u (vidi tekst).

Glava

15 OBLACI I PADAVINE

15.1. Uvod

O nastanku oblaka i padavina bilo je mnogo teorija od antičkih dana. Međutim, u tim ranim periodima pre bi se moglo reći da su to bile spekulacije nego teorije. Ako se pod pojmom „teorija oblaka i padavina" podrazumevaju pokušaji da se objasne prelazi od vodene pare suspendovane u vazduhu do formiranja kišnih kapi ili snežnih pahuljica, onda se može reći da ove prave teorije počinju u XVII i XVIII veku. Naravno, i tada je bilo neispravnih shvatanja.

Očigledno se ovaj problem sastoji iz dva dela: kako se formiraju sitne kapljice i kako od njih nastaju kišne kapi. Do sredine XVIII veka, u nedostatku znanja, uglavnom su ova dva koraka posmatrana kao jedan. Samo u nekoliko radova ima u osnovi ispravnih stavova. Tako je 1637. godine Dekart tvrdio da spajanjem sitnijih kapljica nastaju kišne kapi. Da bi se to desilo trebalo bi da postoji dosta vodene pare i da je „dosta hladno". Što se spajanja kapljica tiče, najčešće se smatralo da ono dolazi zbog kompresije vazduha prilikom sučeljavanja vetrova iz suprotnih smerova. Takve stavove zastupali su npr. **Hadž Hamilton** (1729 – 1805) iz Dablina 1765. godine,

Peter fon Mušenbrok (1692 – 1761)) ili **Žan Andre de Luk** (1727 – 1817) u svom radu „Modifikacije". Druga grupa naučnika imala je suprotan stav, tj. da bi se formirali oblaci i kišne kapi trebalo bi da se desi razređenje vazduha. Takve stavove je zastupao među prvim **Edmond Halej** (1656 – 1742), u svom radu objavljenom 1693. godine. **Dikarla – Bonifas Mareolin** (1738 – 1816) je objavio izvanredan rad u Ženevi 1780. godine, pod naslovom „Des meteores locaux". U njemu je razradio teoriju o razređenju vazduha u uzlaznim strujama, što dovodi do kondenzacije. Originalna ideja o razređenju i kondenzaciji nesumnjivo potiče od **Ota fon Gerika** (1602 – 1686) i njegovog eksperimenta u „oblačnoj komori" iz koje je izvlačio vazduh novopronađenom pumpom. Međutim, sve do 1755. godine nije se znalo da se pri razređenju vazduha pojavljuje i sniženje temperature.

Halej je u svom radu 1693. godine istakao da „mora da postoje neke vrste soli ili čestice podignute sa zemlje koji omogućuju brzu kondenzaciju u kišu". Kasnije je, 1715. godine, **Edvard Barlou** (1639 – 1719) tvrdio da je za stvaranje kiše potrebno prisustvo minerala i sumpornih isparenja. Kartezijanski filozof Antuan le Grand (– 1699), koji je živeo u Oksfordšajnu, napisao je rad objavljen u Londonu 1680. godine, u kome je istakao sledeće: „Leti su kišne kapi krupnije zato što padaju sa većih visina, i prelazeći duži put kroz vazduh povećavaju veličinu prikupljajući na sebe vodu (sitne kapljice)". Ovo mišljenje je potpuno nezavisno izneo **Edli Mariot** (1620 – 1684) u svom radu koji je objavljen u Parizu, 1686. godine. Mariot je napomenuo da su zimski oblaci niži. Mušenbrok je 1739. godine u „Fizičkim raspravama", objavljenim u Lajdenu, istakao da kapi različitih dimenzija padaju različitim brzinama, koje su srazmerne zapremini kapi. Opisao je da kišne kapi brzo postižu maksimalnu brzinu koja odgovara njihovim dimenzijama. Takođe je objasnio da, zbog sile otpora vazduha, kišne kapi ne mogu biti krupnije od oko 6 mm u prečniku. Oni koji su se bavili elektricitetom koristili su ta znanja da bi njime objasnili nastanak kišnih kapi. Tako je **Bendžamin Frenklin** (1706 – 1790) napisao pismo 1771. godine dr **Tomasu Persivalu** (1740 – 1804) u kome kaže: „Svaka kišna kap kontinualno raste prilikom padanja. To se dešava zbog dva mehanizma. Prvi je isti kao kada flaša napunjena hladnom vodom sakuplja vodenu paru (vlažnost) iz naizgled suvog okolnog vazduha. Drugi je isti kao kada naelektrisano telo privlači prljavštinu. Kišne kapi koje dolaze odozgo su hladne i naelektrisane". Frenklin očigledno nije raspolagao sa dovoljno potrebnih znanja o ovome da bi ove tvrdnje razradio tako da bi nastala neka značajna teorija.

U radovima sa kraja XVIII veka nalazimo divne ideje koje su se pokazale kao potpuno tačne. One su tek posle oko 150. godina formulisane kao fundamentalna teorija o nastanku kiše. Jedna je opet vezana za Frenklina. On

je 22. decembra 1784. godine poslao rad „Meteorological imaginations and conjectures“ – Meteorološke ideje i pretpostavke, filozofskom i literalnom društvu u Mančesteru. Jedna od ideja je sledeća: „Moguće je da leti kiša kao takva dolazi na tlo, a da je nastala od snega na visini, koji se topi padajući kroz topli vazduh blizu zemlje. Ona se dakle, promeni od snega u kišu“. Slično mišljenje je izneo **Johan Henrih Lambert** (1728 – 1777) u svom radu koji je objavio 1765. godine, u Minhenskoj akademiji. Takvo mišljenje je izneo na osnovu zapažanja da je kišnica često hladnija od prizemnog vazduha.

Iz tog perioda, jedno tumačenje nastanka kiše može se u pravom smislu nazvati teorija nastanka kiše. Ono potiče od škotskog geologa **Džejmsa Hatona** (1726 – 1797), čiji se rad „Teorija zemlje“ smatra kamenom temeljcem svoje struke. On je 1784. godine objavio rad „The theory of rain“ – Teorija kiše, koji je izlagao pred Kraljevskim društvom u Edinburgu. Osnova njegove teorije se sastoji u tome što uzima da vazduh pri određenoj temperaturi može da primi određenu količinu vodene pare. Ako je ima više, ona se kondenzuje. To je potpuno ispravan stav, koji su znatno kasnije izrazili Klauzijus i Klajperon. On dalje tvrdi da kiša i sneg nastaju kao posledica mešanja dva različita zagrejana vazduha. Kada su oba dovoljno zasićena vodenom parom, nastaje kondenzacija. On je to objasnio prizorom koji je svakom poznat u životu. Naime, u hladnim zimskim danima kada se otvore vrata tople sobe, zbog mešanja vazduha, nastaje kondenzacija. Njegovom teorijom mogao se objasniti oblak koji se u hladnim danima pojavljuje ispred našeg nosa zbog disanja, ili oblak iznad lonca u kome se nešto kuva. Značajan nedostatak njegove teorije je taj što je ona kvalitativna a ne kvantitativna. Da je išta pokušao da izračuna uočio bi da se mešanjem može tumačiti nastanak nekih tipova magle, ali ne i jaka kiša.

I deda poznatog naučnika o evoluciji, **Čarlsa Darvina** (1809 – 1882), **Erazmus Darvin** (1731 – 1802) bavio se problemom nastanka kiše. On je svoja viđenja objavio u Filozofskom pregledu 1788. godine. Nastanak kiše je povezivao sa barometarskim stanjem i sa temperaturom vazduha. Njegovi stavovi nisu bili šire prihvaćeni uglavnom zbog toga što se on izražavao suviše poetski, a ne strogo egzaktno, kako to mora biti u nauci.

Osamnaesti vek su karakterisala dva važna prodora u nauci koja su značajna za meteorologiju. Prvi period, negde između 1730 – 1760. godine, karakteriše naglo širenje znanja o elektricitetu, a drugi, koji pada u poslednje tri decenije, karakteriše „hemijsku revoluciju“. Uticaj stečenih znanja o elektricitetu na meteorologiju, nije bio tako veliki. Znanje iz te oblasti su pokušali da spekulacijama primene u meteorologiji najviše Frenklin, Votson i Nolip. Frenklin je prvi put pokušao da objasni nastanak kiše putem elektriciteta

29. aprila 1749. godine. On je tada poslao pismo Džonu Mičelu, članu Kraljevskog društva, u kome iznosi moguće mehanizme uticaja „električne vatre“ na kišu. Rad nije bio dobro prihvaćen i objavljen je tek 1751. godine. Hemijska komponenta nastanka padavina bila je znatno izraženija i u tome će se nastaviti razvoj i u XIX veku.

Što je vreme odmicalo, pogledi o nastanku padavina su se sve više približavali današnjim shvatanjima. Tako je **Ozborn Rejnolds** (sl. 15.1) 1876. godine izložio svoj rad pred Filozofskim i literarnim društvom u Mančesteru u kome je odbacio teoriju po kojoj kondenzacija može da dovede do formiranja krupnih kapi. On je to zaključio zbog toga što je smatrao da oslobođena toplota kondenzacije ne može da se efikasno odvede od kapljice. Smatrao je da se odvođenje toplote vrši zračenjem, a nije uzimao u obzir prenos toplote putem molekula. No, trebalo bi imati u vidu da se kinetička teorija gasova tek počela razvijati u to vreme. Što se rasta kapi tiče, ono se prema Rejnoldsu dešava ovako: „Jasno proizlazi da je jedini način rasta kapi koje padaju, prikupljanje čestica vlage iz vazduha... Ako se ima u vidu ukupan sadržaj vode u cilindru kroz koji prođe kap koja pada, nije teško objasniti postizanje velikih dimenzija kapi... Kapi kiše ne prevazilaze neku kritičnu veličinu zbog dva razloga. Prvo, samo deo vode sa puta kapi bude pripojen, i drugo, kada kap postigne neku kritičnu dimenziju ona se zbog površinskog trenja ne održava“. Rejnolds je imao odgovor na pitanje zašto iz svih oblaka ne pada kiša. Po njemu, to se dešava zbog toga što „u normalnim uslovima ovi delići oblaka imaju jednake dimenzije, i nemaju inerciona kretanja. Promene dimenzija se dešavaju zbog nekih neregularnosti ili poremećaja u oblaku“. Rejnolds je po stavovima očigledno bio ispred svog vremena. Tek je Beržeron 1935. godine razradio „poremećenje“, odnosno „neregularnost“, kao okidač za padavine.



Sl. 15.1. Ozborn Rejnolds.

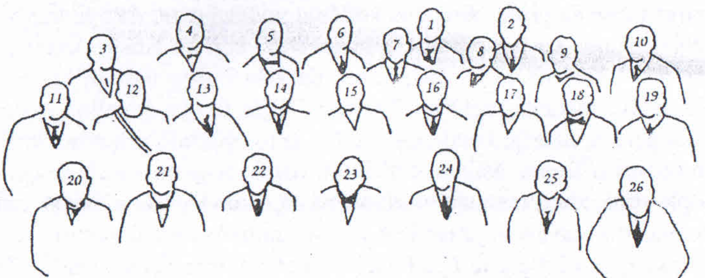
15.2. Nova tehnika i novi podaci

U poslednjoj četvrtini XIX veka i prvoj četvrtini XX veka, učinjeni su značajni napori da se saznaju karakteristike oblaka i padavina. Tako je **Keler** 1921. godine hvatao kapi magle na žici premazanoj tankim slojem masti. Dimenzije im je određivao pomoću mikroskopa. Drugi, indirektni metod određivanja dimenzija kapi, zasnivao se na merenju prečnika prstena korone koju su proizvodile kapi oblaka kada su prosvetljavane svetlošću od Sunca odnosno Meseca. Keler je vršio na desetine hiljada takvih merenja. Ustanovio je da kapi takvih oblaka imaju najčešće prečnik od 17 μm. Hageman je 1936. godine koristio film premazan masnim slojem da bi izučavao uhvaćene kapi magle ili oblaka. Lenard je 1904. godine za određivanje dimenzija kapljica koristio obojene papirne filtere, da bi kap u rastvorljivoj boji ostavila bolji trag. Džon i Din su 1953. godine koristili kameru, da bi u prizemlju fotografisali kišne kapi. U novije vreme koriste se elektrooptički merači kapi. Prve uređaje takve vrste razvio je Nolenberg, 1970. godine. Merenje dimenzija kišnih kapi vršili su vrlo precizno Gan i Kinzer 1948. godine. Tada su formulisali poznati zakon raspodele kapi po dimenzijama.

Kada je otpočeto sa visinskim merenjima, pomoću balona, aviona ili osmatranja idući uz planinske strane, ustanovljena je jedna značajna činjenica. U oblacima mogu da postoje tečne kapi i na temperaturama znatno ispod 0°C. To je prvi uočio **Farenhajt** 1724. godine. Takve, tzv. „prehlađene oblake" pažljivo je izučavao švajcarski prirodnjak **Sosir**, 1783. godine. Značajnu ulogu u uspostavljanju visinskih merenja, uopšte, pa i za potrebe boljih saznanja o oblacima, imala je Aerološka komisija. Nju su sačinjavali viđeni naučnici. Sastav Međunarodne aerološke komisije 1921. godine vidi se na sl. 15.2.

Saznanja o nastanku oblaka dobijena su i iz laboratorijskih eksperimenata. Tako je francuski naučnik **Pol Žan Kulije** (1824 – 1890) ispitivao nastanak oblaka u zatvorenoj komori. Menjao je pritisak, temperaturu i vlažnost, gledajući kako se to odražava na oblak. Posle niza uspešno sprovedenih eksperimenata, najednom se suočio sa činjenicom da oblak neće da se formira, uprkos dovoljnom sadržaju vlage pri datoj temperaturi i pritisku. Kada je u komoru dodao malo spoljašnjeg vazduha, oblak se odmah formirao. Kulije je ispravno zaključio da je za kondenzaciju potrebna prljavština, što sada nazivamo kondenzaciona jezgra – sitne čestice na kojima se skuplja vodena para. Te čestice je Kulije isprao sa puno sprovedenih eksperimenata, tako da je vazduh u komori ostao čist. U vazduhu ima uvek dosta takvih čestica, zbog toga se pojavio oblak kada je ubacio malo spoljašnjeg vazduha.





1. *Norinder*	8. *Chaumotte*	15. *Sir Napier Shaw*	22. *H. Köhler*
2. *J. Bjerknes*	9. *de Quervain*	16. *van Everdingen*	23. *Malmgren*
3. *Martin Knudsen*	10. *Taylor*	17. *Gold*	24. *Fujiwara*
4. *Sandstrøm*	11. *Wallén*	18. *Schereschewski*	25. *Sekiguchi*
5. *Hesselberg*	12. *Cruz Conde*	19. *Cave*	26. *Gullstrøm*
6. *Richardson*	13. *van Bemmelen*	20. *Calvagen*	
7. *Mercanton*	14. *V. Bjerknes*	21. *Edlund*	

Sl. 15.2. Međunarodna aerološka komisija 1921. godine, u Bergenu, Norveška.

Detaljniju prirodu tih čestica izučavao je škotski naučnik **Džon Ejtken** (1839 – 1911). Te čestice su nevidljive za čovekovo oko. On je utvrdio njihovu veličinu, sastav i poreklo. Najmanje čestice imaju domenzije između $10^{-7} - 10^{-5}$ cm, (poznate kao Ejtkenove čestice), velike su dimenzija između $10^{-5} - 10^{-4}$ cm, dok su gigantske one koje su veće od 10^{-4}cm. I američki meteorolog **Džejms Espi** (1785 – 1860) je 1849. godine napravio prostu „komoru" koju je nazvao „nefeloskop". U njoj je ispitivao uslove potrebne za formiranje oblaka.

15.3. Vegener kao začetnik nove ideje o oblacima

Značajan korak u razvoju fizike oblaka predstavljalo je saznanje da oblak sa delićima leda u mnoštvu prehlađenih kapljica predstavlja jednu termodinamički neuravnoteženu sredinu, koja se manifestuje u rastu kristala i u isparavanju kapi. To je posledica težnje u prirodi da se uspostavi termodinamička ravnoteža. Prvi koji je jasno ukazao na ovu činjenicu bio je Alfred Lotar Vegener, nemački meteorolog. Da bi se razumela fizika oblaka potrebno je skrenuti pažnju na doprinos ovog energičnog čoveka meteorologiji, i nauci u celini.



Alfred Lotar Vegener
(1880 – 1930)

Rođen je u Berlinu 1. XI 1880. godine. Studirao je meteorologiju, geologiju i astronomiju na univerzitetima u Hajdelbergu, Insbruku i Berlinu. U Berlinu je doktorirao 1905. godine. Sa starijim bratom Kurtom, takođe meteorologom, Vegener je izvršio više letova balonom. Jednom prilikom su postigli svetski rekord u dužini leta od 52 sata. Vegener je učestvovao u četiri ekspedicije koje su izučavale led na Grenlandu.

Vegener se oženio 1913. godine, sa Elzom Kepen, kćerkom poznatog klimatologa Vladimira Kepena. Za vreme druge ekspedicije na Grenland, Elza je živela u Bergenu, u kući Vilhema Bjerknesa. Tako je Bergenska grupa i Tor Beržeron posebno, bila upoznata sa njegovom termodinamikom, koju je Beržeron citirao 1933. godine, kada je objavio poznati rad iz fizike oblaka. Vegener je sa Kepenom 1924. godine objavio knjigu „Klima zemljine prošlosti". To obimno delo u fazi pisanja poverili su na redigovanje našem naučniku Milutinu Milankoviću, čiju su astronomsku teoriju klime uvrstili u njihovo delo. Sa njim su bili prijatelji i redovno se posećivali u Beogradu i Austriji. Kepen je uvek ćirilicom adresirao pisma Milankoviću.

Vegener je od proleća do jeseni 1929. godine proveo na Grenlandu, u trećoj, pripremnoj ekspediciji za četvrtu, koja je otpočela u proleće 1930. godine. Četvrta ekspedicija je prevazilazila sve prethodne. Trebalo je da provedu celu godinu (u toku zime) u tri bazne stanice (jedna na zapadnoj, druga na istočnoj strani i treća u sredini Grenlanda, na nadmorskoj visini od 3 km i udaljenoj 400 km od ostale dve).

Vegener je krenuo 1. novembra 1930. godine, (na svoj rođendan) sa centralne stanice na zapadnu, sa svojim pratiocem Ekimom Rasmusom. Vegenerevo srce nije izdržalo (patio je od srčanih problema). Rasmus ga je sahranio u ledeni grob. U toku leta naredne godine, pronašla ga je pomoćna ekspedicija, u grobu, potpuno očuvanog, sa otvorenim očima, uz miran i blag izraz lica.



Kasnije je njegova supruga Elza napisala opširnu knjigu o Vegenerovim putovanjima zasnovanu na njegovom dnevniku koji je sačuvan.

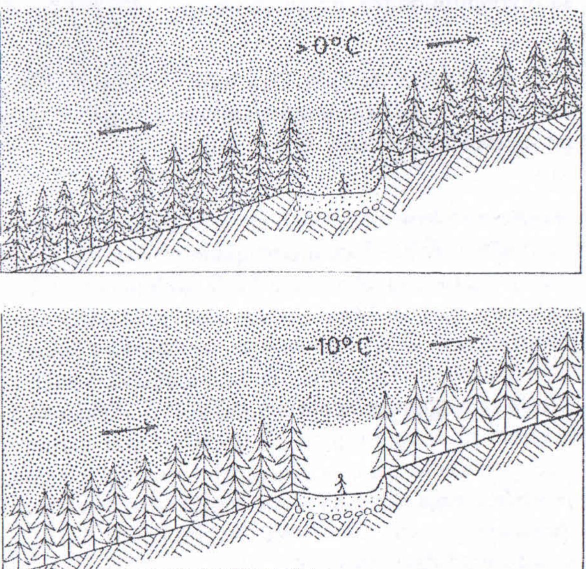
Prilikom prve ekspedicije Vegener je imao priliku da osmatra i izučava rast inja. Tada je dobro izučio postojanje tri faze (leda, vodene pare i prehlađene vode). Na tu temu objavio je 1910. godine rad u Meteorologische Zeitschriftu. Odmah, sledeće 1911. godine, objavio je udžbenik „Thermodynamik der Atmosphäre". Ovaj udžbenik je predstavljao jedan od osnovnih udžbenika iz meteorologije toga doba. Za fiziku oblaka naročito su značajna poglavlja: „Opšta termodinamika realnih gasova" i „Fizika oblaka". Tumačeći fazni dijagram za vodu, on piše: „Kada su tri faze u kontaktu, pritisak vodene pare će se podesiti između maksimalne vrednosti u odnosu na led i vodu. Kao posledica toga mora se javiti neprekidna kondenzacija na ledu, dok će istovremeno isparavati tečna voda. Taj proces će trajati sve dotle dok tečna faza ne bude potpuno potrošena".

Primena ovog Vegenerovog stava o rastu kristala na račun prehlađene vode nije se desila dugo vremena posle pronalaska. Izgleda da se to desilo zbog toga što je Vegener držao predavanje iz kursa klasične fizike u kome se naglašava ravnotežna termodinamika. Više godina posle toga jasno je uočen značaj ovog procesa od strane Beržerona.

15.4. Beržeronov mehanizam

Kada se Beržeron vraćao iz Stokholma u Bergen, 1922. godine, proveo je nekoliko nedelja u februaru na oporavku na brdu Volksenkolen, visokom 470 m nadmorske visine. Ono se nalazi severno od Osla, blizu bolje po-

znatog mesta Holmenkolena. To brdo je često bilo obavijeno stratusnim oblakom, koji se manifestovao kao magla pri tlu. Beržeron je često šetao jednim putem kroz jelovu šumu kojom je brdo bilo obraslo. Primetio je da se magla ne spušta u sloj vazduha do visine jela kada je temperatura vazduha bila između –5 i –10°C. Kada je temperatura bila iznad tačke mržnjenja, magla se spuštala do tla, i između drveća i po putu po kome je šetao. Te situacije Beržeron je skicirao u svom autobiografskom dnevniku, sl. 15.3.



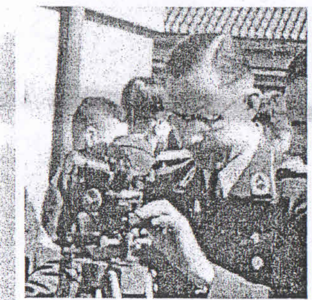
Sl. 15.3. Beržeronova skica iz februara 1922. godine, kojom je prikazao da se magla ne spušta između oinjenog drveća pri temperaturi ispod mržnjenja.

Odsustvo magle pri temperaturama ispod tačke mržnjenja tumačio je time što su prehlađene kapljice iz sloja vazduha visine kao što je bila visina četinarskog drveća isparavale (sublimisale, prema novijoj terminologiji) i oslobođena vodena para se deponovala na kristale inja koje se bilo formiralo na iglicama jela. Ovaj svoj zaključak nije publikovao, jer je hteo da ga objavi u svojoj doktorskoj disertaciji, u kojoj su se morali naći originalni doprinosi koje ranije nije publikovao. Tako je ovo ostalo nepoznato sve do 1928. godine, kada je Beržeron doktorirao. I od tada taj rad nije bio šire poznat, jer teza je „ograničenog“ dometa, sve do 1933. godine, kada je Beržeron to izložio u Lisabonu na Međunarodnoj konferenciji Unije za geodeziju i geofiziku 19. septembra 1933. godine. Radovi sa te konferencije su publikovani 1935. godine.

Beržeron je u tom radu pokazao da relativno mali broj ledenih delića u oblaku prehlađenih kapljica mogu individualno porasti do takvih dimenzija da počnu padati, i pri tome narušavati „koloidnu“ stabilnost oblaka. U tom radu je citirao Vegenerov udžbenik iz 1911. godine, i svoju doktorsku disertaciju iz 1928. godine. On je u radu zaključio: „Ja pretpostavljam da gotovo sve kapi kiše (prečnika većeg od 0,5 mm) i sve snežne pahuljice nastaju oko kristala leda na način kako sam izložio“. Rezultati ovoga rada su široko prihvaćeni kao nov mehanizam nastanka padavina.

Beržeronova hipoteza o nastanku kiše (ovde se ne uzima u obzir sipeća kiša, rosulja) predstavljala je kamen temeljac fizike oblaka. Njenom prihvatanju i širenju u naučnoj javnosti mnogo je doprineo **Teodor Robert Valter Findajzen** (1909 – 1945), nemački meteorolog eksperimentalac.

Teodor Robert Valter Findajzen
(1909 – 1945)



Rođen je u Hamburgu, 23. VII 1909. Studirao je u Karlsruu i Hamburgu kod A. Vegenera, A. Peplera i V. Peplera. Doktorirao je 1931. godine. Njegova disertacija se odnosila na dimenzije, koncentraciju i koagulaciju kapljica u magli. Bio je šef Meteorološke službe pri vazduhoplovstvu u Minhenu. Kasnije (za vreme II svetskog rata) je bio šef istraživačkog odeljenja o oblacima pri Nemačkoj meteorološkoj službi u Pragu. Avionskim letovima vršio je mnoga merenja karakteristika oblaka. Bio je specijalista meteorolog za laboratorijske eksperimente o oblacima. Zato se smatra prvim pravim naučnikom o oblacima. Po završetku II svetskog rata, streljan je oko 9. maja 1945. godine, u Pragu, kao pripadnik Nemačke vojske.

On je 1938. napisao opširni pregled do tada poznatih znanja iz fizike oblaka. Tu je Beržeronovu hipotezu razvio u potpun konceptualni model formiranja padavina. Zbog toga se ovaj mehanizam često naziva u literaturi Beržeron – Findajzenov ili Vegener – Beržeron – Findajzenov proces. Findajzen je razlikovao dve vrste oblačnih nukleusa, kondenzacione i sublimacione. Tvrdio je da se sudaranje i sjedinjavanje javlja samo među sitnim kapljicama, i da tako nastaje rosulja, dok je smatrao da kiša nastaje kroz Beržeronov proces topljenjem snežnih pahuljica prilikom padanja kroz topli deo oblaka. Vidimo da je napravio grešku u pogledu spajanja krupnijih kapi. Danas je poznato da je prikupljanje i sjedinjavanje krupnijih kapi važan mehanizam nastanka padavina. U oblacima se dešava gravitaciono i akustično prikupljanje.

15.5. Rast kapi sjedinjavanjem

Za vreme II svetskog rata naglo je porastao broj letova aviona gotovo iznad svih delova Zemlje. Piloti i meteorolozi, kao česti pratioci tih letova, evidentirali su da se kiša javlja i iz toplih oblaka. To se odnosilo na tropske oblasti. Batan je 1953. godine koristeći radarska i druga merenja u svojoj doktorskoj disertaciji pokazao da leti padavine često nastaju i u umerenim širinama zbog gravitacionog sjedinjavanja kapi. **Ćurić** i **Vuković** su 1988. i 1991. godine pokazali da u kumulonimbusnim oblacima kiša često nastaje zbog akustičnog prikupljanja kapljica, koje se dešava zbog zvučnih talasa prouzrokovanih električnim pražnjenjima. Ovim je stavljeno van sumnje pitanje da li padavine nastaju mehanizmom koji se naziva „tople kiše".

Sledeći važan korak u razumevanju mehanizma nastanka kiše predstavlja saznanje o slučajnom sudaranju i sjedinjavanju kapi slične veličine. Osnovnu teoriju slučajnog sjedinjavanja delića razradio je **Smolučovski**, 1918. godine. Primenu te teorije na rast kapi magle uradio je **Šuman** 1940. godine, dok je **Hičfild**, poznati kanadski istraživač oblaka, tom teorijom objasnio rast kapi u oblacima. Slučajno sudaranje i sjedinjavanje kapi proširuje spektar dimenzija kapi u oblaku. Time se detaljno bavio Edvard Beri u svojoj doktorskoj disertaciji, koju je odbranio na Nevada univerzitetu 1967. godine.

Značajan korak napred u oblasti fizike oblaka načinio je Engleski meteorolog **Džon Mejson** (1918 –) dugogodišnji profesor fizike oblaka na Imperial koledžu u Londonu i direktor Engleske meteorološke službe. On se bavio praktično svim oblastima fizike oblaka. Napisao je prvi pravi udžbenik iz fizike oblaka 1957. godine, „The physics of clouds".

15.6. Razumevanje rasta kristala leda

Kristali leda i snežni kristali su privlačili pažnju ljudi od davnih vremena. Međutim, naučno razumevanje prirode kristala i njihove uloge u nastanku padavina, nalazimo tek posle 1800. godine. Tako je **Skorbi**, 1820. godine, tumačio različite oblike snežnih kristala. Ipak, po dubini razumevanja nastanka kristala, smatra se da je **Dobrovski** prvi učinio ozbiljan korak napred u objašnjenju veze između oblika kristala i temperature vazduha gde

oni nastaju. Dobrovski je bio naučnik koji se nalazio na ruskom brodu Belgika koji je tokom zime 1888/89. godine plovio između Antarktičkih ledenih santi. Svoja naučna zapažanja o kristalima leda objavio je 1903. godine.

Intenzivno izučavanje uslova pri kojima se formiraju kristali leda dešava se između 1930. i 1940. godine. Pored detaljnog sakupljanja i analiziranja prirodnih kristala leda, u laboratorijama Univerziteta u Hokaidu, Japan, stvaraju se laboratorijski kristali pod kontrolisanim uslovima. Istraživanja je sprovodio profesor **Ukičiro Nakaja** (1900 – 1962) sa svojim saradnicima i poslediplomskim studentima. Nakaja je prvi u svetu, 1936. godine proizveo veštački snežni kristal. Za otkriće mehanizma nastanka snežnih kristala dobio je nagradu Japanske akademije nauka. Ispred zgrade Univerziteta gde je Nakaja vršio eksperimente, podignut je jedinstven mermerni spomenik „snežnom kristalu". U zgradi se pažljivo čuva radna soba i laboratorija sa opremom profesora Nakaje.

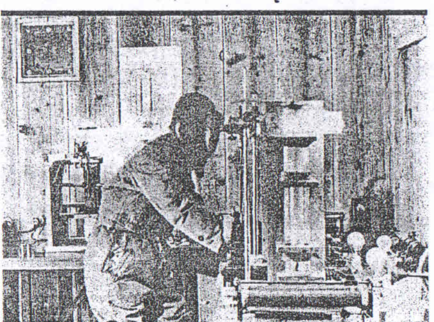
Ukičiro Nakaja (1900 – 1962)



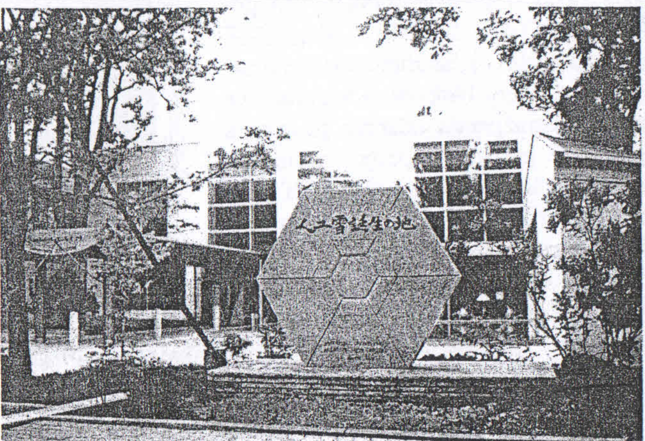
Rođen je 4. jula u gradu Komaču, oblast Išikava, gde je završio osnovnu i srednju školu. Diplomirao je na Tokijskom carskom univerzitetu. Po diplomiranju posvetio se izučavanju varničenja, pod rukovodstvom profesora Torahiko Terade. Tu je stekao značajna eksperimentalna iskustva. Po povratku sa studijskog boravka u Engleskoj, Nakaja se zaposlio na fakultetu prirodnih nauka na Univerzitetu Hokaido u Saporou. Za oblast svog istraživanja odabrao je snežne kristale. Time je uveo eksperimentalne metode u meteorologiju. Kada je uspeo da proizvede veštački snežni kristal u laboratoriji niskih temperatura (temperaturu je mogao da spusti u laboratoriji do –30°C, što je bila retkost u to vreme) njegovu laboratoriju je 1936. godine posetio njegovo visočanstvo Japanski car. Tada je snimljen dokumentarni film „Snežni kristali". Za rad na snežnim kristalima Nakaja je 1940. godine dobio nagradu Akademije nauka.

Za vreme II svetskog rata radio je na mnogim naučnim programima, ali se bavio i literarnim radom. Osnovao je Institut nauka niskih temperatura u Saporou. Primenjivao je eksperimentalne rezultate za rešavanje praktičnih problema zaleđivanja kolovoza, zaleđivanja aviona kao i pojavu magle iznad aerodroma. Pri kraju II svetskog rata, 1945. godine, Nakaja je bio pripremio

za štampanje knjigu o snežnim kristalima. Kada se vršilo štampanje, saveznici su bombardovali štampariju. Sve je uništeno. Srećom, jedna kopija rukopisa i 3000 originalnih fotografija je sačuvano. Od toga materijala, deset godina kasnije, 1954. godine, štampana je Nakajina do danas neprevaziđena knjiga na engleskom jeziku „Snow crystals".



Posle 1950. godine, istraživanja je nastavio u Americi. Četiri puta je bio učesnik ekspedicija u Arktičkom moru i Grenlandu. Za potpredsednika Međunarodne komisije za sneg i led izabran je 1956. godine. Napisao je preko deset dela o filmu, slikarstvu, japanskim plesovima, itd. Koliko je samo dao u oblasti literature mogao se smatrati kao vrlo plodan autor. Veličina mu je još veća kada se zna da je to stvarao samo u trenucima odmora, izvan surovo hladnih uslova njegovih laboratorija. Samo u takvim nekomfornim uslovima mogao je izučavati kristale. To mu je, nažlost, i život skratilo. Umro je 11. aprila 1962. godine. Na umoru, njegov najbliži saradnik, prof. Magono, primetio je na Nakajinim usnama reči „ ko – o – ri, ko – o – ri", što na japanskom znači led.



Sl. 15.4. *Spomenik prvom laboratorijski dobijenom snežnom kristalu. Na ovom mestu je 1936. godine, po prvi put u svetu, Ukičiro Nakaja uspešno proizveo veštački snežni kristal. Spomenik se nalazi ispred zgrade muzeja posvećenog Nakaji u univerzitetskom kompleksu Univerziteta u Saporou.*

Zaleđeni jedriličari u kumulonimbusnom oblaku

Pet jedriličara se našlo sa jedrilicama ispod kumulonimbusnog oblaka 1930. godine, u oblasti planine Ren u Nemačkoj. Zahvatila ih je snažna uzlazna struja. Pošto su izgubili kontrolu nad jedrilicama svih pet su se katapultirali. I njih je snažna uzlazna struja podigla visoko u oblast sa temperaturom znatno ispod mržnjenja. Zatim ih je silazna struja spustila, i uzlazna ponovo podigla. Više puta su doživeli spuštanje i dizanje. Pri tome su bili potpuno prekriveni slojem leda. Kada su konačno pali na zemlju, bili su potpuno obleđeni, i samo je jedan od njih preživeo.

Slično se desilo 1982. godine, u Australiji. Tamo je jedan padobranac pola sata proveo u kumulonimbusnom oblaku, zahvaćen uzlaznom strujom. Kada je otvorio padobran struja ga je podigla sa 2 na 4 km visine. Da bi izbegao dalje dizanje odsekao je kanape padobrana. Tada je počeo da pada kroz oblak. Na 500 m iznad tla otvorio je pomoćni padobran i tako se srećno živ prizemljio.

15.7. Naelektrisanje oblaka

Italijanski naučnik **Đovani Batista Bekeria** (1716 – 1791) izučavao je elektricitet u laboratoriji i u atmosferi. On je utvrdio da se voda koja ističe iz slavine rasprskava u manje kapljice koje su naelektrisane. Na osnovu toga pogrešno je tumačio nastanak kiše zbog naelektrisanja kapljica. Danas se zna da, kada se krupne kapi rasprskavaju, krupniji fragmenti bivaju pozitivno naelektrisani, a sitniji negativno.

Razdvajanje naelektrisanja kapljicama

Kada se nalazimo blizu nekog vodopada, ili kada se tuširamo u kupatilu okruženi smo velikim brojem kapljica. Tada se javlja veliki broj negativnih jona. Ustanovljeno je da negativni joni daju lep osećaj i doprinose dobrom raspoloženju. Negativni joni vazduha su delimično sastavljeni od kiseonika, dok su pozitivni joni delimično sastavljeni od ugljen-dioksida. Svež vazduh obično sadrži 700 – 1500 jona kiseonika u 1 cm^3. Vazduh u šumi sadrži mnogo više, oko 15000. Naročito je veliki sadržaj posle nailaska grmljavinskih oblaka sa kišom. Ima oblasti koje sadrže veći broj negativnih nego pozitivnih jona. Bolji je vazduh sa ve-

ćim brojem negativnih jona. U urbanim sredinama vazduh sadrži 5 do 10 puta manje negativnih jona nego vazduh nenaseljenih oblasti. Zbog toga ljudi gube jedan od vitalnih elemenata koji im daje snagu i raspoloženje. Negativni uticaj pozitivnih jona ogleda se u porastu serotonina, jedne supstance u telu zbog koje se čovek oseća nervozno, depresivno i razdražljivo.

Velika količina naelektrisanja se javlja u kumulonimbusnim oblacima. Električna pražnjenja koja se javljaju zbog jakog električnog polja u oblaku, prvi je izučavao **Bendžamin Frenklin** (1706 – 1790), američki naučnik i političar, koji je učestvovao u sastavljanju Deklaracije o nezavisnosti.



Bendžamin Frenklin (1706 – 1790)

Rođen je u Bostonu, Masačusets, kao petnaesti od sedamnaestoro braće i sestara. On je jedan od osnivača Američke nacije. U životu se bavio raznim poslovima, od štampara, pisca, diplomate do naučnika. Pronašao je gromobran i poboljšao bifokalna sočiva. Frenklin je unapredio nauku o elektricitetu. Prvi je izučavao Golfsku struju. Velike hladnoće koje su zahvatile Pariz 1783. godine, on je tumačio kao posledicu vulkanske erupcije. Predstavljao je SAD za vreme Revolucionarnog rata u sudu u Parizu. Jedan je od izabranih članova slavnih velikih Amerikanaca.

Frenklin je 1750. godine poslao pismo Kraljevskom društvu iz Londona u kome predlaže kako se može zaštititi zgrada od udara groma. On opisuje da se dugački čelični šiljak izolovan sa donje strane može postaviti na najvisočije mesto zgrade i tako sakupljati elektricitet iz oblaka. Da bi praktično prikazao tu mogućnost, on je šiljak vezao za zmaj koji je držao kanapom. Na kraju kanapa je bila vezana raščešljana svilena traka. Kanap je držao sa rukavicama od izolatora. Kada je naišao kumulonimbusni oblak, primetio je da se svilena vlakna uspravljaju. Dodirnuo je kraj kanapa na kome je bio ključ. Tada se pojavila snažna varnica. Od toga je mogao poginuti da nije imao zaštitne rukavice.

Frenklin je 12. aprila 1753. godine pomenutim šiljkom skupljao naelektrisanje u Lajdensku bocu (posuda prvi put upotrebljena u holandskom gradu Lajdenu za odlaganje naelektrisanja). Na osnovu poređenja tog naelektrisanja sa pozitivnim dobijenim trljanjem staklene šipke, zaključio je da je „olujni oblak najčešće negativno naelektrisan, ponekada i pozitivno, s tim što se ovo poslednje, ja verujem, retko dešava".

Posle toga veliki broj ljudi se posvetio izučavanju mehanizama kojim se razdvaja naelektrisanje u C_b oblaku i o prirodi električnih pražnjenja. Ustanovljeno je da u jednom oblaku ima više oblasti sa razdvojenim pozitivnim i negativnim naelektrisanjem. Prirodom munje bavili su se istraživači iz Južne Afrike, s obzirom da su tamo pražnjenja izuzetno česta i intenzivna. **Šonland** sa saradnicima je 1933. godine napisao značajne radove iz te oblasti.

Čoji Magono (1916 – 1985)



Rođen je 22. septembra u gradu Komaču, oblast Išikava, Japan. On je najstarije dete svojih roditelja. Otac mu je umro 1923. godine. Završio je osnovnu i srednju školu u rodnom mestu a studije prirodnih nauka je završio u Kanazavi. Kao izuzetno dobar student, čim je diplomirao pozvan je da se zaposli na novoosnovani fakultet prirodnih nauka Carskog univerziteta Hokaido. On je to prihvatio jer je tu radio profesor Nakaja, njegov zemljak. Pod Nakajinim rukovodstvom radio je na stvaranju igličastih ledenih kristala u oblasti malih prehlađenja. Za vreme II svetskog rata, proveo je u vojsci 4 godine. Ali i u tom periodu pod rukovodstvom prof. Nakaje radio je u vojnom istraživačkom timu na izučavanju magli na moru. Posle rata u Japanu je bila značajna proizvodnja hrane, pa je Magono osnovao „Agronomsko – fizički istraživački institut". Tada je konstruisao „integralni termometar" i „integralni merač sunčevog zračenja". Bavio se analizom temperature tečne vode da bi se sprečio toplotni šok u pirinčanim poljima.

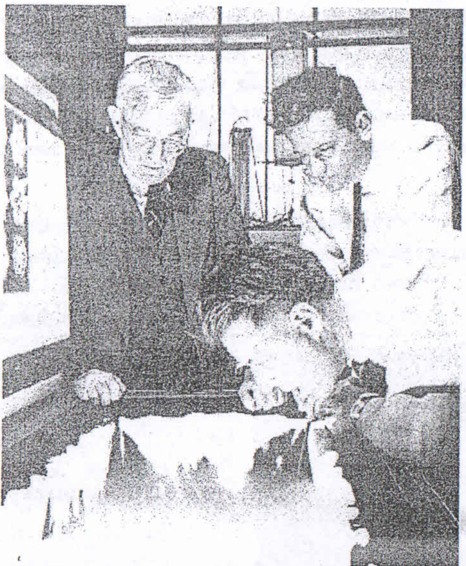
Magono je od 1955. godine držao predavanja na redovnim i poslediplomskim studijama Hokaido univerziteta, iz fizike oblaka i atmosferskog elektriciteta. Držao je i seminare o tome kako se rukuje laboratorijskom opremom (kamerom, rad u mračnoj komori, itd.). Magono je svojim radom mnogo doprineo da fizika oblaka i atmosferski elektricitet postanu sastavne oblasti meteorologije. Napisao je izvanredan udžbenik 1982. godine, „The thunderstotms" – Grmljavinski oblaci.

Za razliku od izučavanja prirode električnih pražnjenja, Nakajini saradnici sa Univerziteta u Saporou su se bavili mehanizmima razdvajanja naelektrisanja. Posebno se time uspešno bavio **Čoji Magono** (1916 – 1985). Izučavao je električno polje površine zemlje za vreme padanja kiše i snega, naelektrisanje krupnih kišnih kapi, ali je najveći deo istraživanja posvetio generisanju naelektrisanja različitim mehanizmima vezanim za ledene kristale. Tako je zaključio da se snežni kristali naelektrisavaju pozitivno prilikom otpočinjanja topljenja. Merio je naelektrisanje stvoreno prilikom stvaranja inja u prirodnoj sredini, kao i električna pražnjenja koja se dešavaju zbog nošenja zrnastog snega vetrom. Pri najrazličitijim snežnim padavinama merio je naelektrisanje padavinskih elemenata i poremećenjem električnog polja pri tlu izazvanim tim padavinama. Vršio je i eksperimentalna merenja mehanizama naelektrisanja zrna sugradica i zrnastog snega u laboratorijskim ustanovama. Magono je zajedno sa Kikučijem (treća generacija naučnika: Nakaja – Magono – Kikuči), vršio eksperimente veštačkog raščišćavanja magle silaznom strujom koju stvaraju raspršene kapi vode koje padaju.

15.8. Modifikacija oblaka

Ljudi su mnogo puta kroz istoriju pokušavali da promene prirodni tok meteoroloških procesa, da povećaju padavine, spreče formiranje zrna grada, spreče jaka električna pražnjenja. Sve je ovo povezano za modifikovanje životnog ciklusa oblaka, i zbog toga se govori o modifikaciji oblaka (veštačkom menjanju oblaka). Stimulisanje padavina je bilo najrasprostranjenije. Iskovana je i reč „Pluviokultura“, koja potiče od **Dejvida Stara Džordana** iz 1925. godine. Pod tom reči se podrazumevao opis formiranja padavina na veštački način i marketing u vezi sa tim. U ranom periodu ovih poslova bilo je lepih uspeha, ali i naučno nezasnovanih poslova.

Prekretnicu u modifikaciji oblaka napravili su u julu 1946. godine, tri američka naučnika. Nobelovac **Irvin Langmir** (1881 – 1957), **Vinsent Šefer** (1906 – 1994) **i Bernard Vonegat** (1888 – 1888), sl. 15.5. Oni su radili u kompaniji Dženeral Elektrik na problemu zaleđivanja aviona na većim visinama. Eksperimente su sprovodili u otvorenom frižideru, koji je upravo tada ušao u upotrebu. Tokom toplog leta 1946. godine u Masačusetsu je bilo teško postići nisku temperaturu u frizu. Zbog toga je Šefer upotrebio parče suvog leda (ugljen-dioksid u čvrstom stanju) da bi snizio temperaturu. Primetio je da su se u komori odmah stvorili milioni sićušnih kristala leda.



Sl. 15.5. Irvin Langmir (levo) i Bernard Vonegat posmatraju Vinsenta Šefera koji duva u rashladnu komoru da bi formirao oblak prehlađenih kapljica koje bi zasejali česticama suvog leda (oko 1947. godine).

Na osnovu tog slučajnog otkrića izvršeno je testiranje formiranja veštačkih kristala leda u realnoj sredini. Prvi takav eksperiment je sproveden 13. novembra 1946. godine. Iz aviona koji je leteo kroz prehlađeni slojasti oblak iznad Masačusetsa, Šefer je prosipao 3 kg granula suvog leda. Tada se iz oblaka pojavio prvi pljusak snega napravljen na veštački način. Od tada počinje moderna era modifikacije oblaka. Za tu namenu koriste se najrazličitija hemijska sredstva i različiti načini zasejavanja oblaka i magle. Danas je modifikacija vremena jedna savremena oblast meteorologije.

15.9. Klasifikacija oblaka

Pored znanja o unutrašnjoj strukturi oblaka, bilo je potrebno napraviti jednostavnu klasifikaciju oblaka, koja bi se koristila pri praktičnom beleženju karakteristika oblaka na meteorološkim stanicama. Prva klasifikacija oblaka objavljena je početkom XIX veka. Bio je to rad **Lamarka** iz 1802. godine. Ovaj čuveni prirodnjak nije imao nameru da izvrši klasifikaciju svih

mogućih oblaka. Opredelio se samo za određene oblačne forme za koje je pretpostavljao da nastaju u uobičajenim uslovima i koje bi, po njegovom mišljenju, bilo korisno međusobno razlikovati. Ova klasifikacija, uprkos njenoj stvarnoj vrednosti, nije ostavila neki naročiti utisak, čak ni u Francuskoj, tako da je izgleda niko nije upotrebljavao. Razlog tome možda je bio njegov izbor donekle specifičnih naziva koji nisu bili lako prihvatljivi u drugim državama, ili je možda taj njegov rad diskreditovan već samim tim što je objavljen zajedno sa prognozama na osnovu astroloških podataka (u publikaciji Annuaire Météorologique).



Žan Baptist Pjer Antuan de Mone de Lamark (1744 – 1829)

Kao mladić bio je ranjen za vreme sedmogodišnjeg rata. Lamark je došao u Pariz 1760. godine i odmah se posvetio naučnom radu. Najviše se interesovao za botaniku i meteorologiju. Bio je kustos u Parizu kada je 1799. godine štampao prvu publikaciju „Godišnji meteorološki pregled“ (Annuai-res Météorologiques). U trećem broju je prikazao prvu klasifikaciju oblaka „Sur la forme des nuages, Annuaire pour Météorologique pour l'an X de la Republique Francaise, № 3“ – O oblicima oblaka, Meteorološki godišnjak za 10. godinu Republike Francuske. Vidi se da je godine označavao u skladu sa novim revolucionarnim kalendarom (prva godina je bila 1893.).

U godišnjacima je izdavao astrološke prognoze vremena za celu godinu. Uprkos lošim prognozama, Lamark ih je dobro prodavao, ali je bio sve omraženiji među kolegama. Nikada nije bio laka osoba za saradnju. Luj Kote ga je optužio „da to što štampa predstavlja smetnju za napredak nauke“.

I imperator Napoleon je uočio Lamarkovo zastranjivanje od nauke pa je hteo da ga odvrati od astrometeorološkog posla. To se desilo 1809. godine, kada je Lamark želeo da javno pokloni Napoleonu lepo ukoričen primerak svog poslednjeg rada „Philosophie Zoologique“. Imperator je odbio da primi poklon i savetovao je Lamarka „da se ostavi Meseca i zvezda i neuspešnog bavljenja atmosferom, već da se koncentriše na evolucionu biologiju, nauku budućnosti u Francuskoj“. Ovo je Lamarka dovelo do tužnog i iznenadnog kraja bavljenja meteorologijom. Nikada više nije ništa napisao. U narodu je brzo izgubio popularnost. Od tada mu je život bio pun bede. Umro je 1829. godine, slep, bez novca i kao potpuno nepoznat. Lamark se može uvrstiti u vrh liste nesrećnih osoba koje ispunjavaju istoriju nauke.

Godinu dana kasnije, 1803. godine, **Luk Hauard** (1772 – 1864) je u Engleskoj objavio klasifikaciju oblaka koja je, nasuprot tome, doživela veliki uspeh, i koja predstavlja osnovu današnje klasifikacije oblaka. Dok se Lamark ograničio na definisanje i određivanje naziva za određen broj zanimljivih oblačnih formi, Hauard je imao nameru da ustanovi potpunu klasifikaciju koja bi obuhvatila sve moguće slučajeve. Hauard je izdvojio tri osnovne klase – Cirrus, Cumulus, Stratus – iz kojih (transformacijom ili udruživanjem) nastaju sve ostale. Ova koncepcija je u izvesnom smislu nekonzistentna. Cirrus i Cumulus su privilegovani u ovoj klasifikaciji, pri čemu prvi od njih reprezentuje najčistiji tip oblaka, sastavljen od ledenih kristala u gornjim slojevima atmosfere, a drugi, oblak sastavljen prvenstveno od kapljica u donjim slojevima atmosfere. Međutim, oblak koji Hauard naziva Stratusom nije definisan fizičkim stanjem svojih sastavnih čestica, i po ovoj klasifikaciji može se nalaziti na svim visinama. Ipak, s praktične tačke gledišta, Hauard je postigao gotovo iste rezultate kao i Lamark. Četiri od pet Lamarkovih glavnih tipova oblaka pojavljuju se i u Hauardovoj podeli, samo pod drugim nazivima. Zanimljivo je da su ova dva naučnika, iz različitih naučnih krugova, koji nikada nisu stupili u kontakt, postigli, nezavisno jedan od drugog, tako slične rezultate.

Slavni nemački pesnik **Johan Volfgang Gete** (1749 – 1832) posvetio je četiri svoje poeme Hauardu, u znak zahvalnosti za njegovu klasifikaciju oblaka, koju je objavio 1803. godine, pod nazivom „On modification of clouds“. Hauard pod ovim nazivom „modifikacija oblaka“ nije podrazumevao ono što mi danas podrazumevamo, veštački izazvano menjanje karakteristika oblaka, već izmene formi oblaka koje se dešavaju na prirodan način.

Nemački meteorolog **Kamz** dodao je 1840. godine, Hauardovim oblačnim formama Stratocumulus, sa preciznom definicijom ovog oblaka koja je u skladu sa današnjom.

Renu, direktor opservatorija Sen Mor i Monsuri, dao je u svojim „Meteorološkim uputstvima“ 1855. godine klasifikaciju oblaka iz koje potiču nazivi nekoliko oblaka današnje klasifikacije: Cirro-Cumulus, Cirro-Stratus, Alto-Cumulus i Alto-Stratus. On je uveo poslednja dva navedena tipa oblaka u „Bilten Opservatorije Monsuri“, a njegov primer je ubrzo sledila i opservatorija u Upsali. Tako je on, uvodeći oblake srednje visine, između niskih oblaka i onih iz familije Cirrusa, bio začetnik ideje o usvajanju visine oblaka kao kriterijuma za klasifikaciju, koji je kasnije utemeljio Hildebrandson.

Roeu je 1863. godine, vršio osmatranja oblaka u Havani. Izneo je neke originalne ideje, koje možda nisu naišle na tako dobar prijem kakav su

zasluživale. On je dao veoma jasan opis neba u centru depresije, razlikujući dva oblačna sloja jedan iznad drugog: Altostratusa (pod nazivom Pallio-Cirrus) i sloj Fractostratusa ili Fractocumulusa (pod nazivom Pallio-Cumulus).

Hugo Hildebrandson (1838 – 1920), direktor opservatorije u Upsali, prvi je 1879. godine upotrebio fotografiju za proučavanje i klasifikaciju oblaka. U svoj rad pod naslovom „O klasifikaciji oblaka koja se primenjuje na Meteorološkoj opservatoriji u Upsali", uključio je atlas sa 16 fotografija. On je usvojio Hauardovu klasifikaciju, sa nekoliko izmena. Ove izmene su se odnosile posebno na Nimbuse, kojim se nije nazivao svaki kompleks kišnih oblaka (naročito ne Cumulonimbus), već samo tamni, donji sloj kišnog neba, zatim na Stratuse koji su se vezivali za maglu koja se podiže sa tla i ostaje na izvesnom odstojanju od zemlje, kao i na Cumulo-Stratuse kojim su se, sledeći ideju Kamza, nazivale teške, gomilaste mase Cumulusa. Od Kamza je Hildebrandson preuzeo Strato-Cumulus. U svom prvom radu, Hildebrandson je nastojao da se pridržava Hauardovog postupka, ali je istovremeno uzeo u obzir i kasnije radove.

Nešto kasnije, Velbah i Riter su predložili klasifikacije koje su se veoma mnogo razlikovale od Hauardove (koja je uglavnom već bila prihvaćena) zbog čega nisu imale gotovo nikakvih izgleda na uspeh – što je kasnije bio slučaj i sa klasifikacijama Klajtona i Klementa Leja. Ovi autori su ipak zaslužni za zanimljive definicije vrsta (potpodela velikih rodova) ili podvrsta (specifične karakteristike oblaka koje se mogu osmotriti na različitim visinama) a Velbah posebno za uvođenje Cumulo-Nimbusa ili grmljavinskog oblaka, koji se jasno razlikuje od Cumulusa.

Najzad, 1887. godine, Hildebrandson i **Ralf Aberkrombi** (1842 – 1897) su objavili klasifikaciju oblaka u kojoj su nastojali da usklade dotadašnja dostignuća; pridržavajući se Hauardovog sistema, oni su obuhvatili i novije ideje, naročito one za koje su zaslužni Renu (uvođenje Alto-Cumulusa i Alto-Stratusa, razlikovanje izdvojenih i neprekidnih oblaka na svakom nivou) i Velbah (uvođenje Cumulo-Nimbusa, svrstavanje Cumulusa i grmljavinskih oblaka u različite familije). Aberkrombi je najpre dva puta obišao svet (dajući time dobar primer naučničke savesnosti) kako bi proverio da li su oblici oblaka jednaki u svim delovima sveta — činjenicu koja je ipak tačna samo u prvoj aproksimaciji: Jedna od glavnih karakteristika ove aproksimacije je značaj koji se pridavao visini kao kriterijumu, pošto su se po mišljenju ovih autora, osmatranja oblaka vršila prvenstveno radi određivanja smera vetra na različitim visinama. Oni su grupisali oblake na četiri nivoa, čiju su srednju visinu odredili orijentaciono, na osnovu merenja vršenih u Švedskoj. Današnja međunarodna klasifikacija oblaka proistekla je direktno iz Hildebrandsove i Aberkrombijeve klasifikacije, bez nekih većih izmena.

Na Međunarodnoj meteorološkoj konferenciji, održanoj u Minhenu 1891. godine, data je nedvosmislena preporuka za korišćenje klasifikacije oblaka ovih autora i pokrenuto je osnivanje specijalnog komiteta kome je poveren zadatak da je konačno uobliči i publikuje u vidu atlasa slika. Ovaj komitet se sastao u Upsali, avgusta 1894. godine i otpočeo izbor slika za atlas. U tu svrhu, priređena je izložba više od tri stotine fotografija ili skica oblaka. Komisija zadužena za publikovanje u sastavu: Hildebrandson, Rigenbah i Tiseran de Bor, suočila se sa velikim tehničkim, a naročito finansijskim teškoćama. Na kraju je Tiseran de Bor sam preuzeo izradu atlasa, koji je izašao iz štampe 1896. godine. Taj atlas je imao 28 slika u boji, sa propratnim tekstom na tri jezika (francuskom, nemačkom, engleskom) sa definicijama i opisima oblaka i uputstvima za njihovo osmatranje.

Klasifikacija oblaka utemeljena u ovom Međunarodnom atlasu ubrzo je ozvaničena i ušla je skoro u opštu upotrebu u svim državama. Gotovo svi meteorolozi koji su posle toga objavljivali studije o oblacima, usvojili su ovu klasifikaciju, ali se pokazalo da je ona nedovoljno detaljna. To je podstaklo neke meteorologe, posebno Klajtona i Vinsenta, da uvedu nove vrste ili podvrste, koje su se uklapale u primarne forme oblaka.

Osmatranja iz aviona omogućila su upoznavanje do tada nepoznatih detalja oblaka, što je upotpunilo i proširilo saznanja o njima. Najzad, nove teorije zasnovane na hidrodinamičkoj i termodinamičkoj interpretaciji sondaža, dale su fizičko tumačenje oblaka kao i njihove uloge u atmosferskim poremećajima. Ova nova i veoma zanimljiva gledišta morala su biti definitivno priznata.

Komisija za proučavanje oblaka sastala se u Kopenhagenu, septembra 1929. godine. Predloženo je da u najkraćem roku bude objavljen izvod iz Potpunog atlasa, namenjen osmatračima, kako bi se olakšala primena novog Međunarodnog ključa u kome su bila široko zastupljena osmatranja stanja neba. Prilika za objavljivanje novog atlasa bila je izuzetno povoljna, zahvaljujući velikodušnom poklonu katalonskog mecene Rafaela Pathota, koji je nauku o oblacima već zadužio zanimljivim radom Fondacije „Concepcio Rabel". To je omogućilo besplatno štampanje 1000 primeraka Potpunog atlasa, i njegovu prodaju, zajedno sa skraćenom verzijom, po veoma povoljnoj ceni. Imenovana je i Potkomisija, sa profesorom Siringom kao predsednikom, radi pripreme programa za Godinu oblaka (1932 – 1933) i proučavanja fizičkih procesa nastanka i evolucije oblaka, sa idejom da se na osnovu toga eventualno sačini odgovarajući dodatak Opštem atlasu. Predloženo je da se izrade još dva dodatka, jedan o tropskim oblacima, a drugi o specijalnim lokalnim oblačnim formacijama, za čiju pripremu su određeni dr Brak i dr Beržeron.

Glava

16 POMOĆNA SREDSTVA U METEOROLOGIJI

16.1. Numeričke tablice i mehaničke računske mašine

Meteorološkim instrumentima dobija se veliki broj podataka nad kojima treba da se izvrše mnoge obrade da bi bili upotrebljivi za meteorologe. Koristile su se razne vrste računanja. Neka preračunavanja su morala da se koriste zbog upotreba raznih skala u raznim zemljama. Samo za temperaturu dugo su bile u upotrebi Celzijusova, Reomirova i Farenhajtova skala. Morale su se vršiti i korekcije očitanog stanja. Neke veličine su izračunavane na osnovu drugih izmerenih veličina. Npr. na osnovu suve i vlažne temperature, izračunavan je pritisak vodene pare. Neke meteorološke veličine su morale da se preračunavaju na standardne uslove.

Da bi rešili nagomilane računarske poslove, meteorolozi su koristili računske uređaje kojima su se dugo već služili astronomi. U drugoj polovini XIX veka pojavilo se više tablica za svođenje (redukciju) meteoroloških podataka. Ove tabele su predstavljale, ustvari, računarska sredstva. Tako je **Arnold Džijat** 1852. godine sastavio 331 stranicu „Meteoroloških i fizičkih tabela". Četvrto izdanje, iz 1884. godine, sastojalo se iz 700 stranica tabela, sl. 16.1. Te tablice su služile i u XX veku, a mnoge služe i u XXI veku u mnogim zemljama.

Reading of Thermometer, Fahr.		Temp of Dew-Point, Fahr.	Force of Vapor in English Inches.	Weight of Vapor.		Humidity, Saturation = 1.000.	Weight in Grains of a Cubic Foot of Air. Height of the Barometer in English Inches.						
Dry.	Wet.			In a Cubic Foot of Air.	Reqd. for Sat'n. of a Cubic Ft. of Air.		in. 28.0	in. 28.5	in. 29.0	in. 29.5	in. 30.0	in. 30.5	in 31.0
°	°	°	in.	gr.	gr.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
62	62	62.0	0.559	6.25	0.00	1.000	491.2	499.9	508.7	517.5	526.3	535.1	543.9
	61	60.3	0.528	5.91	0.34	0.946	491.4	500.1	508.9	517.7	526.5	535.3	544.1
	60	58.6	0.499	5.58	0.67	0.893	491.5	500.2	509.0	517.8	526.6	535.4	544.2
	59	56.9	0.472	5.27	0.98	0.843	491.7	500.4	509.2	518.0	526.8	535.6	544.4
	58	55.2	0.445	4.99	1.26	0.798	491.9	500.6	509.4	518.2	527.0	535.8	544.6
	57	53.5	0.421	4.70	1.55	0.752	492.0	500.7	509.5	518.3	527.1	535.9	544.7
	56	51.8	0.397	4.44	1.81	0.710	492.1	500.7	509.5	518.4	527.3	536.1	544.9
	55	50.1	0.375	4.19	2.06	0.670	492.2	500.9	509.7	518.5	527.4	536.2	545.0
	54	48.4	0.354	3.95	2.30	0.632	492.4	501.1	509.9	518.7	527.6	536.4	545.2
	53	46.7	0.333	3.72	2.53	0.595	492.5	501.3	510.1	518.9	527.7	536.5	545.3
	52	45.0	0.315	3.52	2.73	0.563	492.7	501.5	510.3	519.1	527.9	536.7	545.5
	51	43.3	0.297	3.31	2.94	0.530	492.8	501.6	510.4	519.2	528.0	536.8	545.6
	50	41.6	0.280	3.13	3.12	0.501	492.9	501.7	510.5	519.3	528.1	536.9	545.7
	49	39.9	0.263	2.95	3.30	0.472	493.0	501.8	510.6	519.4	528.2	537.0	545.8
	48	38.2	0.248	2.77	3.48	0.443	493.1	501.9	510.7	519.5	528.3	537.1	545.9
	47	36.5	0.234	2.61	3.64	0.418	493.2	502.0	510.8	519.6	528.4	537.2	546.0

Sl. 16.1. Deo tabele sa 33. strane Džijatovih tablica iz 1884. godine.

Blez Paskal je 1642. godine napravio prvu mašinu za sabiranje. Prvu komercijalnu mehaničku mašinu za računanje, aritmometar, patentirao je 1820. godine Francuz **Čarls Tomas**. Do 1920. godine takve mašine su korišćene za komercijalne i naučne potrebe. Bile su poznate Odnerove mašine (patentirana 1891. godine), Mercedes – Euklidova (proizvedena 1910. godine), itd. Mnoge od ovih mašina koristili su meteorolozi. Računanje klimatskih promena na osnovu astronomske teorije otpočeo je naš naučnik **Milutin Milanković** 1912. godine na ovakvoj mašini. Drugo značajno korišćenje ovih mašina vršio je engleski meteorolog **Luis Fri Ričardson**. On je koristio Odnerovu i Mercedes – Euklidovu mašinu, i izračunao prvu numeričku prognozu vremena koja je objavljena 1922. godine.

16.2. Grafička tehnika

Norveški meteorolog **V. Bjerknes** je 1903. godine počeo da zastupa mišljenje da prognoza vremena treba da se izračunava. U to doba umesto analitičkog pristupa mogao je da se koristi grafički metod. On je sa saradnicima publikovao prva dva toma knjige „Dinamička meteorologija i hidrografija". U njima je prikazao veliki broj grafičkih tehnika, kao što su: množenje

skalarnih polja, nalaženje gradijenta skalarnog polja, nalaženje divergencije i vrtložnosti, računanje vertikalnih brzina kada se poznaje horizontalno kretanje iznad većih oblasti, itd. Ali Bjerknes nije bio prvi koji je primenjivao grafičku tehniku u meteorologiji. To je radio **Hainrih Herc** 1884. godine, kod koga je Bjerknes bio asistent. On je uveo grafičku proceduru za analizu adijabatskih procesa u atmosferi. Grafičko sabiranje i oduzimanje je opisao **Adolf Sprung** 1888. godine, u široko korišćenoj knjizi „Lehrbuch der Meteorologie". Otprilike u isto vreme grafičku proceduru su koristili **Vladimir Kepen** i **Make Meler** za konstrukciju visinskih vremenskih karata.



Luis Fri Ričardson
(1881 – 1953)

Rođen je u Njukaslu na Tjuni, Velika Britanija, u porodici poznatog trgovca. Doktorirao je na matematici 1916. godine. Pre nego što se zaposlio u Meteorološkoj službi u Engleskoj, radio je u Nacionalnoj fizičkoj laboratoriji i fabrici sijalica. Za vreme I svetskog rata radio je kao vozač ambulantnih kola blizu fronta. Čekajući ranjenike, sedeo je i računao prognozu vremena, rešavajući glomazne jednačine numeričkim metodama. Način računanja i dobijene rezultate opisao je u knjizi „Weather prediction by numerical process" – Prognoza vremena numeričkim metodama. Prva verzija je bila gotova u maju 1916. godine. Reviziju rukopisa je vršio u ratnim uslovima od 1916 – 1918. godine. Za vreme bitke u Šampanji, u aprilu 1917. godine, rukopis je poslao sa linije fronta u pozadinu. Pri tome se izgubio u ratnom metežu. Srećom, pronađen je nekoliko meseci kasnije pod gomilom uglja. Na kraju je rukopis odštampan 1922. godine.

Kada je Meteorološka služba pripala pod upravu Ministarstva vazduhoplovstva, Ričardson je iz pacifističkih razloga napustio meteorologiju. Posvetio se sasvim drugom poslu. Matematički je analizirao psihološke uzroke rata. To je opisao u obliku običnih linearnih diferencijalnih jednačina. Zbog toga je otpočeo da studira psihologiju, koju je završio 1919. godine. Kasnije se vratio u meteorološku službu čiji je bio predstavnik u međunarodnoj Aerološkoj komisiji.

Niz grafičkih tehnika je razvijen i u prvoj polovini XX veka. Tako je

u prvoj deceniji XX veka austrijski meteorolog Feliks Eksner pokazao da je tendencija pritiska obrnuto srazmerna površini između uzastopnih izobara i izotermi. Japanski meteorolog **S. Fudživara** je 1923. godine pronašao kako prognostičari mogu da računaju vrtložnost sa vremenskih karata upotrebom celuloidne skale za gradijentni vetar. Džerom Neims sa Masačusetskog instituta za tehnologiju razrađivao je 1930. godine grafičke metode za rešavanje jednačina. Jedan vid grafičke tehnike predstavlja i tefigram, dijagram koji je razvio Vilijam Neper Šou 1925. godine za prognoziranje razvoja oblaka.

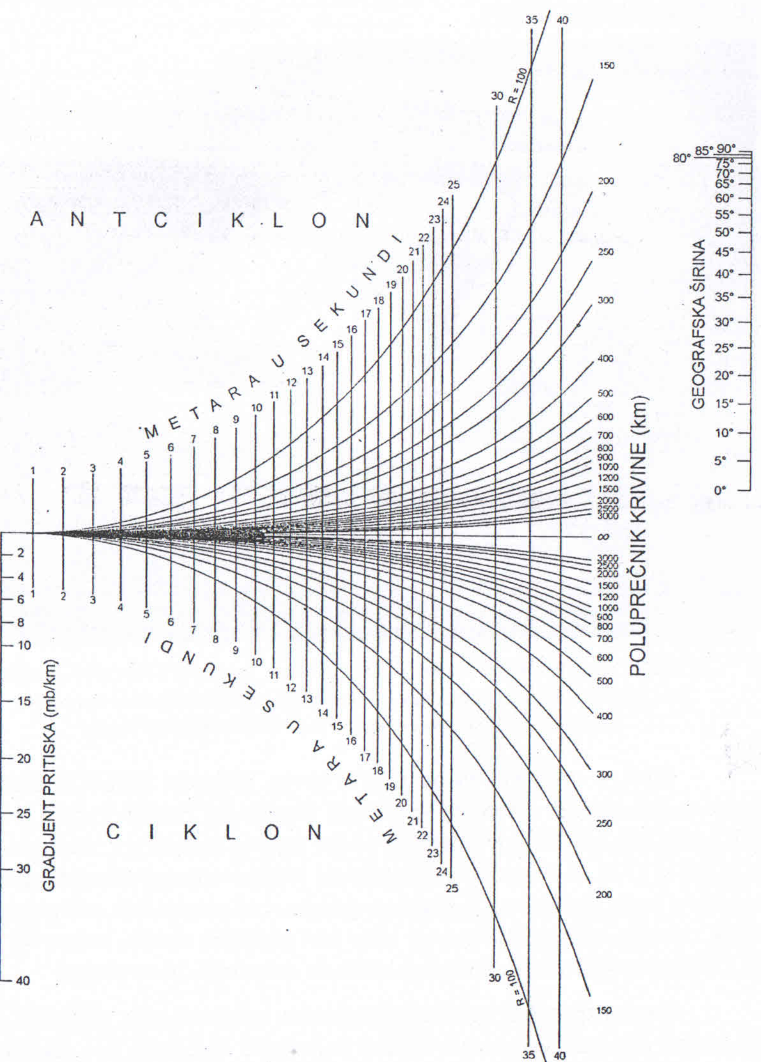
Bilo je razvijeno niz grafičkih metoda, nazvanih „nomogrami". Naziv „nomogram" potiče od francuskog inženjera **Morisa Osažna** koji je 1891. godine koristio grafičku tehniku. Ta tehnika je široko korišćena kod inženjera različitih struka, uključujući i meteorologe. Jedan primer nomograma za računanje gradijentnog vetra na osnovu gradijenta pritiska, geografske širine i poluprečnika krivine izobare prikazan je na sl. 16.2. Ovaj nomogram uradio je Herbert Bel sa Čikaškog univerziteta, i prikazan je u Hamfrijevoj knjizi „Fizika vazduha", koja je štampana 1920. godine.

Široko su bili u upotrebi i razni logaritmari (slide ruler). Džon Belami je 1948. pronašao kako se sa tri logaritmara može računati advekcija apsolutne vrtložnosti geostrofskim vetrom iz Rozbijeve jednačine vrtložnosti. Pedesetih godina XX veka, **Radžnar Fjortoft** je koristio grafičku tehniku za računanje različitih karakteristika atmosfere na vremenskim kartama.

16.3. Mašina za bušenje kartica

Između dva svetska rata u meteorologiji je bila u upotrebi važna mašina za bušenje kartica. To su mašine koje je pronašao Herman Holerat oko 1880. godine. Bila su tri uređaja: jedan za bušenje specijalnih kartonskih kartica, drugi za sortiranje kartica i treći za obradu, izračunavanje raznih podataka sa kartica. Ove mašine su se koristile 1890. godine u Američkom birou za popise. Međutim, u meteorologiji ove sprave se koriste tek posle 1920. godine. Tako je 1920. godine meteorološka služba pri Britanskom admiralitetu koristila bušene kartice za razne statističke svrhe. I Holandska meteorološka služba je 1922. godine pozajmila te kartice od Britanaca. Odmah posle toga su ih koristili u Norveškoj, Francuskoj i Nemačkoj. Oko 1925. godine, čehoslovački meteorolog L. Polak je konstruisao bušilicu koja je bila postavljena na svakoj meteorološkoj stanici. Polak je 1927. godine koristio mašine za računanje radi sređivanja tabela čestine određene vrednosti vazdušnog

pritiska. Gotovo sve evropske zemlje su koristile mašine za bušenje i analizu podataka pre II svetskog rata. U našoj zemlji ova tehnika je počela da se koristi tek krajem šesdesetih godina XX veka, kada se praktično prestalo sa korišćenjem u drugim razvijenim zemljama.



Sl. 16.2. Nomogram računanja gradijentnog vetra pomoću gradijenta pritiska, krivine izobare i geografske širine.

Za vreme II svetskog rata bušene kartice su se koristile da bi se poboljšale prognoze vremena. Računata je korelacija između prizemnih i visinskih informacija kao i između istih meteoroloških elemenata na različitim lokacijama. Takođe su se koristile za prognoziranje metodom analogija. Korišćene su vremenske karte iz četrdesetogodišnjeg perioda da se nađe najsličnija karta trenutnoj vremenskoj situaciji. Zatim se dalji razvoj vremena nalazio iz postojeće arhive karata, čije su karakteristike vremena bile izbušene na karticama. Ovaj metod su koristili američki prognostičari prilikom donošenja odluke kada da se izvrši iskrcavanje saveznika u Normandiji pri kraju II svetskog rata. To je bila poznata prognoza vremena za dan D (D – day).

Mašine za bušenje kartica su se koristile i u naučne svrhe. Tako je V. Ekert pokazao kako se one mogu koristiti za numeričko rešavanje nekih vrsta običnih diferencijalnih jednačina. Ekert je 1940. godine napisao i knjigu „Punched Card Methods in Scientific Computations" (Metod bušenih kartica u naučnim računanjima).

16.4. Analogni i digitalni računari

Tokom 1939. i 1940. godine, **Džon Močli** (1907 –1980) konstruisao je jedan električni harmonijski analizator. Pomoću njega su se mogli izračunati harmonijski koeficijenti sa dve značajne cifre brže za 5 do 10 puta od do tada najbržeg metoda. Močli je ovim uređajem pronašao periodičnost padavina, sa periodom od 13,5 i 27 dana. On je 1941. godine konstruisao jedan harmonijski analizator, ili analogni računar. Ovakvi uređaji su bili u mogućnosti da rešavaju 10 jednačina sa 10 nepoznatih. Meteorolozi su ih koristili i za rešavanje sistema nelinearnih jednačina, koje je postavio Edvard Lorenc, kao i za predstavljanje funkcija u spektralnom obliku, prema sugestijama Džordža Placmana.

Ovim uređajima dobijala se mala tačnost, obično od jedne do dve značajne cifre. Zbog toga se Močli, zajedno sa **Džonom Prisper Ekertom** (1919 –) posvetio konstrukciji digitalnog računara. U tome su uspeli i bili su glavni dizajneri četiri poznata računara: ENIAC, EDVAC, BINAC i UNIVAC.

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) je prvi veliki digitalni računar. Sastojao se od 18000 vakum cevi. Bio je težak 30 tona, i za njegov smeštaj trebala je prostorija od 150 m^2. EDVAC je bio prvi

računar sa memorisanim programom, dok je BINAC prvi takav operativni računar u SAD, a UNIVAC je prvi komercijalni digitalni računar.

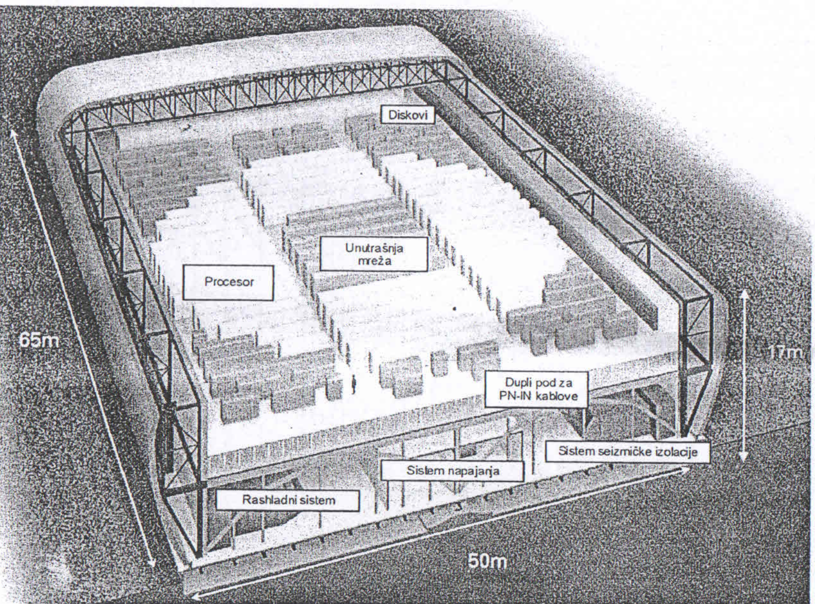
ENIAC je kompletiran pri samom kraju II svetskog rata. U to vreme, **Džon fon Nojman** (1903 – 1957) je planirao da na Institutu za više studije (IAS) u Prinstonu napravi sposobniju mašinu kojom bi mogao da unapredi matematičku nauku. Da bi pokazao revolucionarnu sposobnost računara pri rešavanju konkretnih naučnih problema, formulisan je na Institutu jedan meteorološki projekat. Osnovu projekta predstavljao je model za prognozu vremena koji je formulisao **Džul Čarni** (1917 – 1981) sa grupom saradnika. Model je rešavao jednačinu vrtložnosti vazduha. Prvu uspešnu numeričku prognozu vremena dobili su u martu 1950. godine, posle dvadesetčetvoročasovnog računanja na ENIAC-u.



Sl. 16.3. Pristonski tim 1949. godine koji je radio na prvoj numeričkoj prognozi vremena: Džon Fritman (sedi), zatim s leva na desno Džilbert Hant, Džul Čarni, Džoe Smagarinski, Margaret Smagarinski, Elen Elijasen i Arn Elijasen.

Slične numeričke prognoze su dobijane 1952. godine i na IAS računaru. Posle toga računari se koriste u više univerzitetskih centara i meteoroloških službi. Od 1957. godine svakodnevno se izrađuju numeričke prognoze vremena, a računari se koriste za obradu meteoroloških podataka za razne istraživačke potrebe.

Računari su postojali sve sposobniji, izvršavali su više računskih operacija u sekundi i imali su sve više memorijskog prostora. Meteorolozi su svojim potrebama prosto podsticali da se računari usavršavaju. Tako, 1990. godine, najbrži računar je bio CRAY Y–MC C90. On je izvršavao 16 milijardi operacija u sekundi. Danas, 2005. godine, on je već sa jako lošim mogućnostima u odnosu na sada najbolji računar, japanski Simulator Zemlje (Earth Simulator), sl. 16.4.

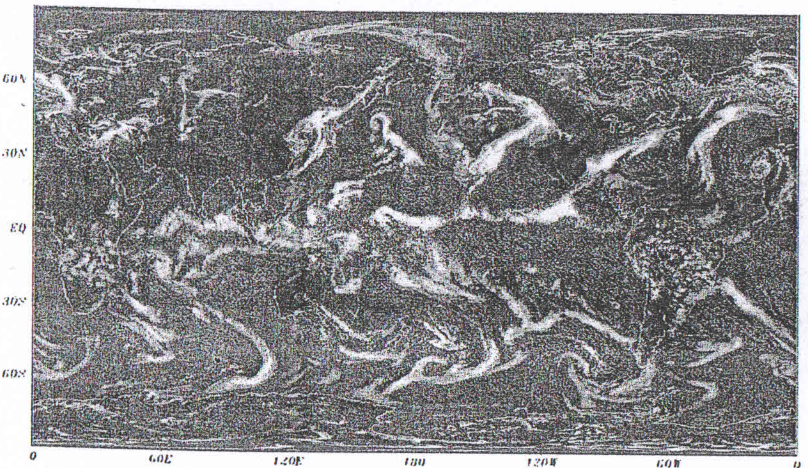


Sl. 16.4. Najsposobniji računar 2005. godine, japanski Simulator Zemlje. On izvršava 40 tera operacija u sekundi (tj. 40000 milijardi operacija u sekundi) i disk ima kapacitet od 10000 milijardi bajta.

Uprkos tome što su od pojave prvog računara ENIAC-a drastično smanjene dimenzije računara, za smeštaj Simulatora Zemlje trebalo je izgraditi specijalnu građevinu, dimenzija poput velikog fudbalskog stadiona, 65 m × 50 m × 17 m. S obzirom na grandiozne jedinstvene sposobnosti računara, zgrada u kojoj je smešten je potpuno zaštićena od seizmičkih, elektromagnetskih i drugih uticaja. Računar je ultra brzi paralelni sistem, brzine 40 TeraFLORSa i sa glavnim diskom koji može da memoriše 10 terabajta.

Ovako sposobni računar koristi se za izračunavanje prognoza atmosferskih i okeanskih promena. Njime je moguće objediniti sve detaljne mikroprocese (kao što su elementi oblaka) i globalne procese (oni koji se dešavaju iznad cele Zemlje). Jedan primer izračunatih količina padavina u celom svetu prikazan je na sl. 16.5. Količine padavina su izražene nijansama bele

boje. Zaista je fascinantno kako se slika izračunatih padavina poklapa sa izmerenom slikom oblaka pomoću satelita.



Sl. 16.5. Izračunate količine padavina iznad cele zemlje (mm/h) pomoću Simulatora Zemlje.

16.5. Savremena meteorološka tehnička sredstva

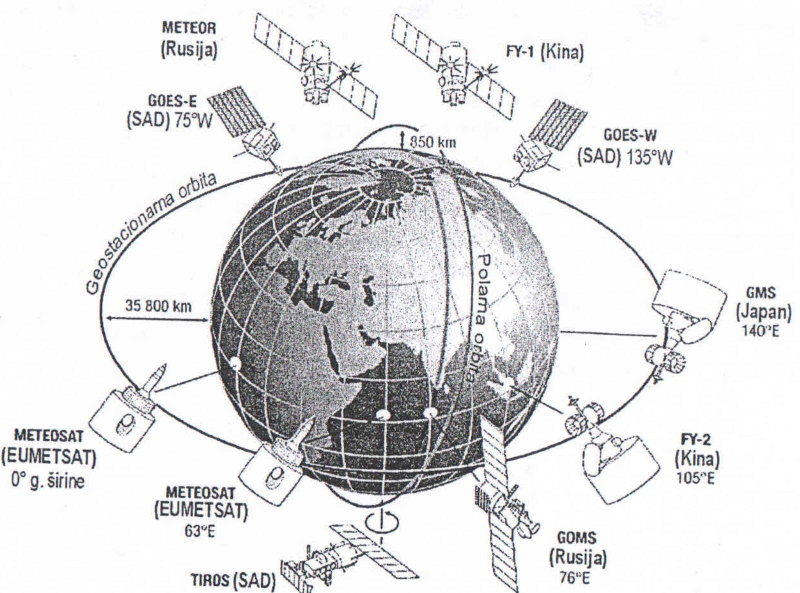
Savremena meteorologija svakodnevno koristi mnoga vrlo skupocena i komplikovana tehnička sredstva. Kao što su na početku kvantitativne meteorološke ere (XVII vek) termometar i barometar bili osnovna merna sredstva, tako se danas meteorološki radari i sateliti mogu, bez preterivanja, svrstati u kategoriju osnovnih sredstava. Prvi meteorološki radar je proizveden 1942. godine, a prvi meteorološki satelit je lansiran 1960. godine.

Radar je elektronski instrument koji šalje uski snop vrlo kratkotrajnih impulsa radio talasa (elektromagnetskih talasa). Objekti u atmosferi (kišne kapi, snežni kristali, zrna grada, čestice prašine, itd.), preko kojih prelaze talasi, delimično ih reflektuju (odbijaju) prema radarskoj anteni. Vraćeni signali se elektronskim putem pretvaraju u sliku koja sadrži informacije o položaju, tipu i „intenzitetu" oblaka i padavina. Neki radari imaju uređaje koji mogu da izmere razliku u frekvenci poslatih i vraćenih talasa. Ta razlika sadrži informaciju o brzini kretanja objekata u pravcu prostiranja talasa. To je

zasnovano na poznatom doplerovom efektu, principu koji je 1842. godine otkrio austrijski naučnik **Kristijan Dopler** (1803 – 1853). Radari koji imaju takav uređaj nazivaju se doplerovi radari. Oni nam daju, uz već navedene informacije, i korisne informacije o brzini vetra. Danas se uglavnom umesto običnih koriste doplerovi radari. U SAD je 1990. godine postavljeno 160 takvih radara. Od tada mreža doplerovih radara se i dalje upotpunjuje.

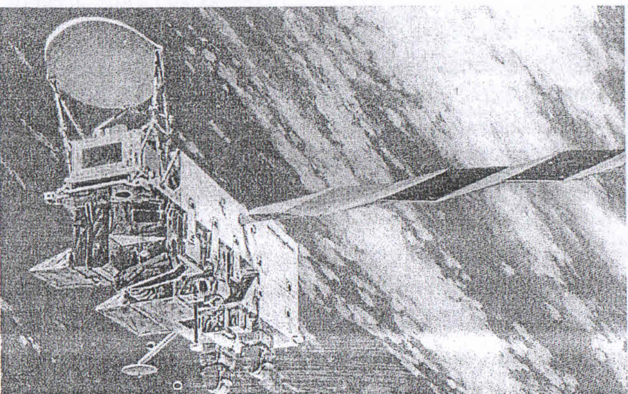
Meteorološki sateliti obezbeđuju korisne informacije o položaju i tipu vremenskih sistema iznad cele Zemlje. Prvi nemeteorološki satelit je lansiran u Rusiji 1957. godine. Analizom informacija dobijenih sa njega, naučnici su zaključili da sateliti mogu da budu značajan izvor podataka o karakteristikama vremena. Odmah zatim, u aprilu 1960. godine, u Americi je lansiran Tiros, prvi meteorološki satelit. Prvi sateliti su imali kamere za vidljivo i infracrveno zračenje, koji su omogućavali da imamo neprekidnu sliku oblačnosti (i danju i noću). Danas se oblaci i druga meteorološka obeležja prate pomoću geostacionarnih i obrtnih satelita.

Geostacionarni sateliti se nalaze u ekvatorijalnoj ravni i udaljeni su od Zemlje 36000 km. Na toj visini, iako kruže, oni se stalno nalaze iznad iste oblasti Zemlje. Danas je sa sedam takvih satelita prekrivena cela Zemlja (sl. 16.6).



Sl. 16.6. Geostacionarni i orbitalni meteorološki sateliti.

Na prikazanim satelitima se nalaze najnovije generacije mikrotalasnih skenirajućih radiometara (sl. 16.7.) koji rade na 36 talasnih dužina. Na taj način posle svakih 15 minuta sa njih se šalje mnoštvo izmerenih podataka iz atmosfere i sa tla. U poslednje vreme naročita pažnja se posvećuje merenju stanja ledenih pokrivača polova i Grenlanda. Tako se čine napori da se odgonetne kakva će biti klimatska budućnost Zemlje.



Sl. 16.7. Tridesetšestokanalni radiometar postavljen na satelitima AKVA i TERA.

Obrtni sateliti kruže oko Zemlje u ravnima koje su malo nagnute u odnosu na polove, pa se zbog toga nazivaju polarni obrtni sateliti. Oni kruže na visini od 870 km od tla, tako da u toku 24 sata 14 puta oblete Zemlju. Pošto Zemlja rotira, svaki takav satelit se u toku 24 sata nađe dva puta iznad bilo koje manje oblasti Zemlje.

Meteorologija kao nauka doživljava brz napredak. Pored ostalog, tome doprinosi brz razvoj elektronike, primenjene matematike i uvođenje novih mernih tehnika. Najsavremenija merenja se vrše pomoću sodara, lidara, radara, meteoroloških satelita u aviolaboratorijama. Dostignuća u prošlosti, sadašnjosti kao i budući izazovi, čine meteorologiju najinteresantnijom granom od svih modernih nauka.

Glava

17 O METEOROLOGIJI KOD NAS

17.1. Stari zapisi o vremenu na Balkanu

Na Institut za meteorologiju, gde autor ove knjige radi, krajem 1981. godine došao je kolega Jovanović sa Filološkog fakulteta. Kao kolegi meteorologu, hteo je da mi predloži da se uradi jedan posao. Počeo je: „Ima sedam knjiga Ljubomira Stojanovića pod nazivom *Stari srpski zapisi i natpisi.* Pisane su staroslovenskim jezikom i u njima ima dosta zapisa o vremenu i klimi. Bilo bi dobro da se taj deo zapisa prevede i posebno objavi". Tu sam ga zaustavio i obavestio da mi je poznato da je taj posao, pre više od pedeset godina, davne 1931, uradio prof. Pavle Vujević (1881 – 1966). Bio je više razočaran nego obradovan.

Nije poznato da li je Vujevića neko upoznao sa *Starim srpskim zapisima i natpisima*, kao što je mene hteo da upozna kolega. Nezavisno od motiva koji su ga vodili, prof. Vujević nam je približio dragocene zapise o vremenu i klimi na našim prostorima, iz dugog perioda od 1358. do 1864. godine.

Na prostoru današnje naše države, u širem smislu oblast Balkana, ži-

vele su razne civilizacije. I njihov život je nesumnjivo, kao i u drugim oblastima sveta, bio određen aktuelnim vremenom i klimom. Rekonstrukcije vremena i klime tih davnih perioda na ovom području, nisu rađene. Međutim, može se reći da je i ovo područje imalo klimatske uslove koji su bili u skladu s klimatskim promenama. Arheološka nalazišta u oblasti Đerdapa pokazuju da su tamo pre oko 7000 godina živeli ljudi. To je poznati period tzv. klimatskog optimuma. Tada je bilo više padavina i srednje globalne temperature su bile veće za oko 2 stepena nego danas. Od tada do danas, temperatura nije ravnomerno opadala, već su postojali kraći periodi rasta i pada temperature. Tako, rekonstruisano je da je od oko 1350. do 1850. godine bilo tzv. malo ledeno doba. Tada su globalne (prosečne) temperature bile niže za oko 1°C nego danas. Lednici na Alpima i drugim visokim planinama bili su spušteni do nižih visina, a sneg se mesecima zadržavao u planinskim oblastima.

Mi imamo sreću da danas na ovim prostorima raspolažemo detaljnijim opisom vremena iz perioda malog ledenog doba. Zahvaljujući zapisima, uglavnom u srpskim crkvama i manastirima, u mogućnosti smo da sagledamo glavne odlike vremana i klime. Uto doba, srpski manastiri su, uz ostalo, bili glavne kulturne ustanove. Nismo imali stare univerzitete (Beogradski univerzitet je osnovan tek 1905. godine) kao što je, npr. onaj u Bolonji (osnovan 1088. godine), da se na njima, uporedo s drugim naukama, razvija i meteorologija.

Ljubomir Stojanović (1860 – 1929) je prepoznao to istorijsko blago srpskog naroda koje se nalazi u manastirima. Krajem XIX veka otpočeo je sakupljanje tih sadržaja. Pored zapisa iz manastira i crkava, obuhvatio je i zapise iz muzeja, biblioteka i privatnih zbirki. Sakupio je preko 11000 starih zapisa. Sve je to bilo zapisano na staroslovenskom jeziku i kao takvo je objavio u sedam knjiga, koje su štampane u periodu od 1902. do 1927. godine. Iz tih knjiga, Pavle Vujević je izdvojio 300 zapisa koji su se direktno ili indirektno odnosili na vreme i klimu u periodu od 1358. do 1864. godine.

Vujević je zapise preveo na srpski jezik, a 1931. godine to objavljuje na francuskom jeziku, kao član Međunarodne komisije za izučavanje klimatskih promena. Posao nije bio nimalo lak. Zapise je trebalo prikazati na jednoobrazan način. Datiranje događaja bilo je različito. Prema kalendaru koji potiče iz Vizantije, godine su brojane od stvaranja sveta (postanja, kako se još kaže), tj. od Adama, što se desilo 5508 godina pre rođenja Isusa Hrista. Prvi zapis po tom kalendaru se odnosio na 6866. godinu. Preračunato na godine po rođenju Hrista, (n.e.) u pitanju je 1358. godina (6866 – 5508 = 1358). U to staro vreme, uz ćirilicu još nisu korišćeni brojevi (ni arapski ni rimski) već su cifre zapisivane sa prvih deset slova. Da bi se razlikovalo kada se

odgovarajući znak koristi kao broj, iza njega je stavljana tačka. Posle 1582. godine n.e. katolička crkva koristi Gregorijanski kalendar, a pravoslavna zadržava stari, Julijanski kalendar. Zbog toga je Vujević sve datume preračunavao po novom kalendaru.

Kompletan prikaz zapisa o vremenu zauzeo bi dosta prostora u knjizi. Zbog toga je u tabeli 17.1 dat samo deo tih zapisa. Kao što se može videti, zapisi su uglavnom opisni, sa malo kvantitativnih pokazatelja. Ipak, i takvi daju uglavnom upečatljiv prikaz o karakteru vremena u kraćem periodu (dan ili nekoliko dana), čitavoj sezoni ili godini. Iz zapisa je ponekad teško odrediti lokaciju na koju se opis odnosi. Izvor zapisa (ime manastira ili drugo određenje) donekle smanjuje neodređenost.

Kao što se iz tabele vidi, u dugom periodu, blizu pet vekova, javljaju se slični opisi, nezavisno da li se radi o početku, sredini ili kraju tog perioda. Izuzetno snažnu i hladnu zimu, može da prati sušno i nerodno leto. Sledeća godina može da bude sa sasvim drugačijim vremenom. Zapisi u raznim mestima iz iste godine, daju predstavu o rasprostranjenosti date pojave. Sneg u letnjim danima, kasni mrazevi, blage ili hladne zime, mogu da pokažu da nije bilo nekih karakterističnih potperioda koji su samo topli ili samo hladni. Dakle, velika promenljivost u kraćim periodima je glavno obeležje vremena.

Tabela 17.1. Neki dokumenti o karakteru vremena i klime na našem području u predinstrumentalnom periodu.

Godina	Zapis
1358 –	Leto te godine bilo je obeleženo glađu. *(Anali)*
1371 –	... I despoot Uglješa podiže svu srpsku i grčku vojsku, vojsku svog brata Vukašina... i oni krenuše u Makedoniju da isteraju Turke... Glad kakva se nikada do tada nije videla, hvala Bogu, kakva nikada više neće doći, zahvatila je sve predele. Oni koje je glad poštedela, besno, sa Božjim dopuštenjem, proždirali su vukovi, koji su napadali danju i noću... Zemlja je ostala bez svakog dobra, bez ljudi, životinja, hrane. *(Početak zapisa iz XV veka koji se čuva u Moskvi u Rumjankovom muzeju)*
1459 –	24. maja bilo je snega. *(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Iver, planina Atos)*
1499 –	... Suša... Sveštenik Joan Hisar, 28. jun. *(Beleška u zapisu manastira Gračanica)*
1510 –	U mesecu julu te godine, nanosi snega u planinama, do 4 pedlja visine. *(Beleška u zapisu Narodne biblioteke u Beogradu)*

1571 –	To dođe godine 1571. posle Isusa Hrista 05. maja led uništi vinograde u selu Vrdište. *(Beleška u knjizi štampanoj u pravoslavnom manastiru Hilandar, planina Atos)*
–	... Zapisano 4. oktobra. Dogodilo se... u mestu Novo Brdo... U to vreme beda je bila neizmerna koju su Turci izazvali, glad je bila na svim zemljama u tolikoj meri da su ljudi jedni druge uništavali. Učinila je da se donesena so, iz Salonike, menjala u istoj količini za žito, ali se nije mogla prihvatiti so za žito. *(Beleška i zapisu pravoslavnog manastira Piva)*
1579 –	Neizmerna šteta izazvana gradom i suvim vetrom. Uništene potpuno loze i stabla voćaka na celoj zemlji, kakvo se nije videlo do tada. *(Beleška u zapisu biblioteke u Hludovu, pored Moskve)*
1608 –	... Na Cetinju 1608. Te godine takođe glad je bila tako strašna da su ljudi sebi oduzimali život. Beda, crnina, kuknjava koja para srce, eto šta učiniše te godine Turci deci Hristovoj... *(Beleška u zapisu Kraljevske akademije u Beogradu.)*
1610 –	Znajte da je godine 1610. grad uništio vinograde. *(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Krušedol, okrug Iriga)*
1611 –	Zapisao grešni pop Stoko iz sela Kostenac 30. dana meseca maja... Čujte da je padalo za vreme 40 dana i 40 noći godine 1611. *(Beleška u zapisu biblioteke u Plovdivu, Bugarska)*
1616 –	Čujte veliko čudo godine 1616. Poplava Popovog Polja nosila je kuće i davila ukućane, bujica je valjala veliko kamenje, to nije bilo u ljudskom pamćenju. To je došlo 16. novembra... *(Beleška u evanđelju pravoslavnog manastira Zavala, Popovo Polje)*
1660 –	Da se zna kada i koliko vremena je zlostavljala ljuta hladnoća praćena velikim snegom. Bilo je nemoguće konjima preći Kapelu od 13. decembra do Svetoga Đorđa, osim toga veliki sneg je dostigao 12 pedalja visine... godine 1660. posle Isusa Hrista. *(Beleška uzeta iz pravoslavnog manastira Gomirje, okolina Gospića)*
1676 –	U proleće te godine pao je sneg 5. dana meseca aprila kako retko beše, u planinskim selima dostigao je 8 pedalja. On je bio velika opasnost za četvoronožne životinje, i izazvao je veliku glad. *(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Mileševa, pored Prijepolja)*
–	Leto je bilo kišno, to je smetalo žitu i vinogradima u zrenju. Sneg je iznenadio noću, za bdenja Svete Demetre i žita nisu uzrila i žetva ga nađe vrlo malo. Prvi sneg u toj godini pao je između Male i Velike Gospojine (8.08. i 21.09. n.k.) *(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Mileševa, pored Prijepolja)*

1685 –	Čujte kako je godine 1685. zemlja drhtala 3. januara u zemlji Moldaviji – Vlaška. Velika glad je opustošila zemlju, prouzrokovala mnogobrojne smrti. *(Beleška u zapisu Narodne biblioteke u Sofiji)*
1690 –	Te iste godine pao je sneg i mraz na žito, i pojavila se glad, kakvé se niko nije sećao... Mnogi ljudi su umirali od gladi... gde god se išlo, bilo je mrtvih, i nije bilo nikoga da ih odveze... Jeo se lipov cvet, kora sa drveta, vinograda, psi, mačke... Te iste godine, 1. aprila pao je na planine u celoj Bosni krvavi sneg, i planine iznad Fojnice postale su crvene kao da su prekrivene grimizom... Kuga je pustošila tamo te godine. *(Beleška u franjevačkom manastiru u Fojnici)*
–	Da se zna kada je velika glad pritisla Nikšić i Drobnjake. Tada se oka brašna prodavala za 14 aspresa, ječma 10 aspresa, dinar je bio u to vreme 4 aspresa i cekin 600... Tada veliki vo je koštao 7 cekina, ovan 400 (aspresa?), ovca 390, koza 300, ovca od dve godine 200. *(Beleška u zapisu pravoslavne crkve u Sarajevu)*
1694 –	Turci su ponovo došli pod Varadin, ulovile su ih tamo jake kiše. Kiša je trajala 40 dana godine 1694. *(Varadin je tvrđava Petrovaradin, a beleška uzeta iz crkve Pričević, zapadno od Valjeva)*
1716 –	Čujte da je godine 1716. bio rat u Bosni i na Dunavu sa Nemcima... Tada je pao sneg za Mašab (12.08), bilo je mraza i ledila se tekuća voda. Taj led se zadržao do 17. avgusta. Tada je propast izazvana nestašicom bila ogromna, i rat svagde... *(Beleška u zapisu u Carskoj biblioteci u Sent Petersburgu)*
1740 –	U godini 1740, 25. novembra, bilo je veličanstveno drhtanje zemlje. Zima je bila ljuta i Dunav se je ledio dva puta. *(Beleška uzeta sa jednog lista arhiepiskopa M. Nenadovića)*
1746 –	Na Bogojavljanje 9.01. i na Božić 7.01, Sunce je bilo tako toplo kao da je leto, ukratko zima kakva nije bila viđena dugo vremena. *(Beleška u knjizi štampanoj u pravoslavnom manastiru Velika Remeta, okolina Iriga)*
–	U Zvorniku, u mesecu decembru, na Svetog Nikolu, 19.12, viđeni su ljudi da nose jagode. *(Beleška u zapisu Carske biblioteke u Beču)*
1747 –	28. aprila, dan slavljenja svetog Lazara, vetar, praćen maglom, duvao je ujutro do podneva, sledila je kiša koja je završila pomešana sa snegom, koji je padao do jedan čas posle ponoći. *(Beleška iz knjige u pravoslavnom manastiru Remeta, okolina Iriga)*
1749 –	Čujte kako je 1749. bila ljuta zima. Sneg je počeo da pada na Svetog Stevana 9.01. posle Božića, i nije nestao do Svetog Đorđa, 6.05. Bila je takođe glad.

	(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira na Cetinju)
1764 –	20. aprila snežilo je i bila je hladnoća jako oštra;... 18. maja pao je... takav grad da se niko nije sećao da je bio viđen dugo vremena sličan. *(Beleška u zapisu pravoslavnog manastira Hopovo, okolina Iriga)*
1767 –	Te godine pao je sneg na Dan mučenika Svetog Đorđa; 6.05. *(Beleška na zidu u pravoslavnom manastiru Gračanica, jugoistočno od Prištine)*
–	Jedan okrutni užas je došao, koji je opustio mlin u Kasapskoj ulici, i više prodavnica u Kazandžijskoj, i poplavio je trgovine takve kao Bezistan, u trgovinama voda je napunila kotlove do pola i učinila je veliku štetu. U isto vreme, udavila su se dva čoveka i mnogo pasa. *(Beleška iz Sarajeva)*
1768 –	... Te godine takođe bila je velika suša. *(Beleška u zapisu u biblioteci Akademije u Beogradu)*
1770 –	Čujte da je 25. aprila Dunav poplavio zemlju Nemačku i Beograd i Vlašku. To je bila ogromna poplava. *(Beleška u zapisu u biblioteci Akademije u Beogradu)*
–	25.05, u proleće, sledile su jake kiše i blato, veliki sneg u planinama i oslabile su konje; zarada, život i sveće su postali jako skupi. *(Beleška iz Sarajeva)*
–	Bile su velike vode... 12. jula. Zapisano... u Velikom Bečkereku. *(Beleška u jednom molitveniku u pravoslavnom manastiru Grgeteg, okolina Iriga)*
1772 –	Zima je bila bez snega, padala je samo kiša u januaru, jesen vrlo suva, bez kiše. Posejana pšenica je propala usled nedostatka vlage. *(Beleška u knjizi nalazi se u selu Mikleuš, okolina Kutine)*
1773 –	30. marta bila je snežna oluja u toku tri dana. *(vest S. Todorovića, Zemun)*
–	... Te godine je leto imalo malo padavina, bila je suša... Te iste godine, dudovi su bili tako obilno rodili da je narod išao prema velikom starom drvetu da se divi neobičnom obilju voća... u avgustu bile su jake kiše. *(Beleška iz Sarajeva)*
1777 –	U to vreme je bila jedna velika muka na zemlji. Malo žita, malo meda, malo rakije. Sneg je pao, na dan Blagovesti, 7.04, u prvim časovima. On se nije zaustavio celog dana i slagao se u smet idući ljudima do prsa. Ljudi su mogli, svojim rukama, savladati veliki broj divljih životinja. Godina zahvalnosti 1777. *(Beleška u staroj knjizi u Bosni)*
–	6. avgusta pao je toliki sneg da je pokrio kuće i puteve, nije se sećalo, unazad 100 godina, da je toliki sneg padao. *(Beleška iz Sarajeva)*

1779 –	... 7. dana posle Svetog Đorđa 6.05, telal Perčo je objavio da niko ne može na pijaci da uzme više od pola šinika žita... Seljaci su se molili... da imaju kišu, ali nije pomagalo. Upućivale su se molitve od džamije do džamije tokom jednog celog meseca. Konačno je odlučeno da se izađe na njive i da se tamo uputi molba Bogu... Zaista narod se vraćao tri uzastopna dana na njive da zamoli Boga i kiša je pala i čudo se potvrdilo... Ali malo posle suša se ponovo pojavila i telal je pozvao narod na nove molitve. Sutradan je kiša pala obilna da takva nije pala za vreme osam meseci već. O pomračenju meseca pala je ponovo, i to se dogodilo četiri nedelje posle Svetog Đorđa. Ukratko, narod se umirio malo i zadovoljio tom kišom, koja je pala 15 đemzi–ul–evela 1193. (31.05.1779). U Neretvi trešnje su rodile tako obilno da se niko nije sećao da je ikada bilo viđeno toliko... Padalo je 3 do 4 dana, dvanaest dana pre ulaska Sunca u znak Raka. Bilo je snega na brežuljcima, što su konstatovali očevici. *(Beleška iz Sarajeva)*
1781 –	Pojavila se velika suša, naročito u Sarajevu i u 7 u 8 časova obilazak. Obične molbe nisu bile zanemarene, ali bez efekta. Trava je trpela najviše, osušila se sasvim, što je ostavilo životinje bez hrane. Livade na proplancima nisu bile košene, i celo lice zemlje izgledalo je žuto, kao da je izgorelo. Žito i ostala hrana su bili skupi... Suša je trajala, zeleno povrće i trava su nedostajali u baštama i livadama. Drveće se takođe osušilo i crna smola na vrhu Kapa pored Sarajeva. U celoj Bosni i Rumuniji bilo je šumskih požara u kojima je sagorelo sve do trave... Neprebrojivo vukova i drugih divljih životinja se pokazalo... 2. avgusta, kada je planeta Saturn pravila svoju orbitu, mali oblak se pokazao na vedrom nebu, i osvežilo je, a to je obradovalo narod. *(Beleška iz Sarajeva)*
1786 –	U mesecu septembru pao je obilni sneg jedne noći, prekrivši žita. *(Beleška sačuvana u knjizi pravoslavne crkve u Svinici, okolina Petrinje)*
1793-1794 –	Godine 1208... Za vreme pet meseci nije bilo kiše ni snega od dana Svete Demetre do 15 dana posle Svetoga Đorđa (od 6.11.1793. do 26.05.1794. n.k.). Seme koje je bilo posejano nije moglo da nikne u suvoj zemlji, ono koje je proklijalo osušilo se. Istini za volju, za vreme 6 meseci i po, palo je, tu i tamo, malo kiše i snega, ali u tako maloj količini da je to bilo dovoljno da pokvasi prašinu. Za vreme četrnaest dana koji su sledili Svetoga Đorđa pala je dobra kiša koja je obradovala narod, uprkos tome poskupeli su mnogobrojni artikli... Za vreme zime koja je bila sušna, bilo je mraza kakav nije zabeležen u istoriji. Zaista, bilo je već tako, ali trajalo je 5 do 10 dana, sada je mraz trajao bez prekida 2 do 3 meseca... 15 dana pre dana kada je počelo poboljša-

	nje, pala je kiša, izazivajući užas Miljacke koja je odnela više od 700 hvati drva... Miljacka je narasla toliko da se popela do vrha kule Sultanovog mosta. Tako je velika vlaga sledila sušu. *(Beleška iz Sarajeva)*
1802 –	...Prošla je bez kiše, ljudi su ostali bez svih proizvoda. 9. X 1802. *(Beleška uzeta iz knjige kurije u Utolici, okolina Kostajnice)*
1803 –	Leto 1803. bilo je nezahvalno. Suša i glad su ražalostili sva kraljevstva u okolini. Zemlja je bila spaljena i... mnogo proizvoda je nedostajalo, kao kupus, grašak, i zeleno povrće... Te godine mnogo ljudi je umrlo od gladi. *(Beleška iz knjige u biblioteci porodice Milojević iz Mogrića, okolina Gospića)*
–	Bila je jedna gladna godina. Mnogi ljudi su sveli svoju hranu na otpatke i trpeli, čekajući žetvu, mleli su klip okrunjenog kukuruza. *(Beleška uzeta iz knjige kurije u Utolici, okolina Kostajnice)*
–	Bila je obeležena velikom gladu. Oka žita petnaest para, oka soli isto. Bilo je veliko krvoproliće: narod protiv naroda, prijatelj protiv prijatelja. Razdor je bio veći od gladi. *(Beleška na zidu pravoslavnog manastira Morača, 13 km jugozapadno od Kolašina)*
1806 –	Čujte sve... da 3. jula 1806. pao je sneg... Te iste godine mi smo napali tvrđavu pored Bijelog Polja. *(Beleška u staroj štampanoj knjizi)*
1806-1807 –	Godine 1806. bila je lepa jesen. Nije bilo snega do Svetog Jovana 20.01. Prvi sneg je pao na dan Svetog Jovana i nije nestao do Svetoga Đorđa, 6.05. Setva je bila retka. Od Svetoga Đorđa do Gospojine pade kiša samo jednom... žito se osušilo i glad se činila sasvim blizo... zato se nisu radovale ptice u šumi, a siromašni ljudi još manje... Naša polja su ostala pusta, i izvori su presušili. *(Beleška uzeta iz knjige pravoslavne crkve u Ostrovici, okolina Sušaka)*
1810 –	Da se zna da je jak mraz zabeleo noć Svetog Konstantina 3.06. uništio je sve što mraz može da uništi od plodova. Ali to nije bilo dosta, jer je sutradan pao sneg... koji je pokrio žito i nije se otopio dva dana posle. *(Beleška uzeta iz knjige pravoslavne parohije u Smiljanu, okolina Gospića)*
1813-1814 –	...Te godine je bila velika epidemija kuge na celoj turskoj teritoriji, u gradovima, selima i u primorju. Zato su stanovnici Kratova pobegli u manastir Lesnovo, 14 ognjišta i više... (Lesnovo je pravoslavni manastir, 8 km južno–jugoistočno od Kratova). *(Beleška u zapisu u biblioteci Jugoslovenske akademije u Zagrebu)*

1813-1817 –	Godine 1813, 1814, 1815, 1816, i 1817. bile su obeležene u Iliriji gladu i skupoćom, odakle velika smrtnost. *(Beleška u knjizi u srpskoj biblioteci u Jasenovcu, okolina Novske)*
1814 –	Na Sv. Đorđa 6. 05. obilan nanos snega koji je polomio grane u vrtovima i učinio mnogo štete. Kuga se pojavila zatim u dolini Klašnice. *(Beleška iz knjige pravoslavnog manastira Tronoša, jugoistočno od Loznice)*
1822 –	Cela zima 1822. je bila tako blaga da nije bilo ni malo snega. Žito je bilo zrelo 28. juna i grožđe 21. jula. *(Iz knjige porodice Milojević u Mogriću, okolina Gospića)*
–	Berba grožđa počela 31. VIII. Na Vračaru vino bilo naročito dobro. *(Beleška iz privatne knjige u Beogradu)*
1822 –	7.11. paša Gliša Španjin pregazio je Dunav kod Iloka. Dubina je bila 2/3 stasa. *(vest S. Todorović, Zemun)*
1825 –	U godini 1825. suša celog meseca marta i aprila, i kiša je nastavila u mesecu maju. *(Beleška iz knjige u biblioteci porodice Milojević iz Mogrića, okolina Gospića)*
1829-1830 –	U zimu, od početka meseca januara sneg je pao do visine čoveka. I tako je hladnoća oštra i ljuta počela od Svetoga Mihajla 1.11. produžila se je do Svetoga Đorđa 6.05.1830. Mnogi ljudi, naročito iz oblasti Podvelebita, teško su išli do Podgorja sa svojim stadima da traže ispašu. Kola sena dostigla su u mesecu februaru 10 florina u srebru, da bi se zatim podigla na 20 fl. i čak 30 fl; nije bilo skuplje, jer nedostajalo je trave. Tako u jesen kupus nije dobro poneo, narod je očajnički patio. *(Beleška iz knjige u biblioteci porodice Milojević iz Mogrića, okolina Gospića)*
1830 –	... U crkvi Devičanskoj, u podnožju Ovčara... mesec septembar 1830... Zima je bila ljuta, leto suvo, i malo voća. *(Beleška u privatnom zapisu),*
–	Znajte da 1830. je bila velika suša. *(Beleška iz knjige pravoslavne crkve Šakanlije okolina Dvor)*
1834 –	Bila je vrlo suva, od 25 aprila 8.05 do 25. oktobra. Celo dugo leto kiša nije pala više nego dva puta, i to u vrlo maloj količini. Vrućina je bila tolika da su bunari i izvori presušili. Dunav je bio tako nizak da se je moglo preći čamcem sa jedne na drugu stranu. Mestimično mogao se pregaziti. Stari ljudi su govorili da se ne sećaju da su ikada videli tako nisku vodu. Usled toga povrće je nedostajalo sasvim. Ono malo što ga je bilo prodavalo se je skupo. Nasuprot tome, obilan i dobar kvalitet vina za nisku cenu. Burence 2 florina 30 krajcara. *(vest s.Todorović, Zemun)*

1846 –	U mesecu decembru veliki sneg popeo se do ograde. Za Svetoga Nikolu 19.12, bila je velika muka da se izađe napolje i ode u crkvu. U podne se digao fantastičan južni vetar. On je podigao, za pola dana, svako parče snega i osušio zemlju. Vode Matice su tekle kakve se nikada do tada nisu videle, noseći mlinove, mostove i čineći veliku štetu... u Pločama. *(Beleška iz knjige u biblioteci porodice Milojević iz Mogrića, okolina Gospića)*
1864 –	Meseca avgusta. Da se zna da je bila ljuta hladnoća od 3. do 5. avgusta. Snežilo je na planinama. *(Beleška u knjizi pravoslavnog manastira Svete Trinite, pored Pljevlja)*

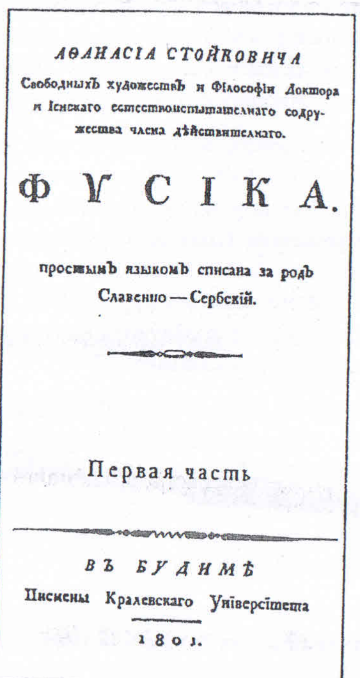
17.2. Prve knjige sa meteorološkim sadržajem

17.2.1. Meteorologija Atanasija Stojkovića

Srbi se ne mogu pohvaliti da su u svojoj ranijoj istoriji imali knjige napisane na svom jeziku. To je uočio čuveni Srbin, Dositej Obradović (1739 – 1811). Putujući, podsticao je obrazovane Srbe da na srpskom jeziku pišu knjige raznovrsnih sadržaja. Pod direktnim uticajem Dositeja, Srbin Atanasije Stojković (1773 – 1832) prihvatio se, pokazalo se, nezahvalnog posla. Napisao je „prostim jezikom za rod Slaveno-serbski" Fiziku u tri toma. Sve tri knjige su objavljene u Budimu, prva 1801, druga 1802, i treća 1803. godine (sl. 17.1). Veliki deo sadržaja ovih knjiga odnosi se na meteorologiju.

Da je to bio nezahvalan posao, pokazuje Stojkovićev zapis: „Teško svakome onome koji rod svoj prosvećivati počne; teško njemu od sujevernih, nerazumnih i zlobnih nekih ljudi svoga roda; ti njemu želiš otvoriti oči i pokazati mu put, kojim on sebe poznati ima: a on tebe pravi jeretikom i bezbožnikom". Dositej ga je hrabrio da, uprkos ovakvom osećanju, posle druge napiše i treću knjigu. U pismu koje mu je poslao iz Trsta, 23. avgusta 1802. godine, Dositej kaže: „Ljubezni moj Stojkoviću, zdravstvuj i raduj se! ... preziraj neke nadute malenkosti koje za sobom nikakva ne ostavljaju traga".

Sasvim je prirodno što su u Fizikama u znatnoj meri zastupljena objašnjenja meteoroloških pojava. Tu je bilo najviše sujeverja i neznanja, a za sve ljude, meteorološki fenomeni su značajni. Svako poglavlje sadrži opis pojave, njeno tumačenje, korist koju pojava donosi i, na kraju, energično suprotstavljanje drugačijem mišljenju, sa ciljem suzbijanja sujeverja. Metodu


АѲАНАСІА СТОЙКОВИЧА
Свободныхъ художествъ и Філософіи Доктора и Іенскаго естествоиспытателнаго содружества члена дѣйствителнаго.

ФУСІКА.

простымъ языкомъ списана за родъ Славенно — Сербскій.

Первая часть

ВЪ БУДИМѢ
Писмены Кралевскаго Універсітета
1801.

Sl. 17.1. Naslovna strana Fizike, I knjiga.

Atanasije Stojković
(1773 – 1832)



Rodio se 20. septembra 1773. godine u Rumi, u siromašnoj porodici oca čizmara Jovana i majke Ane. Završio je školu u Rumi, gde je kratko radio kao učitelj. Nastavio je školovanje u Šopranu, zatim u Segedinu i Požunu (Bratislavi). Kada je dobio finansijsku podršku mitropolita Stratimirovića i drugih, upisao se 1797. godine na Univerzitet u Getingenu. Studirao je u isto vreme kada i poznati matematičar Gaus.

Doktorirao je 1799. godine i tako postao doktor samostalnih nauka i filozofije. Potom je želeo da pređe u sveštenike. Bački episkop je 1800. godine predložio da se zamonaši i odmah

proizvede u anhimadrita manastira Kovilj, na mesto ostarelog Jovana Rajića. Mitropolit to nije prihvatio, već je zahtevao da počne monaški život od iskušenika. Stojkoviću sa akademskim zvanjem, članu više učenih društava, objavljenim knjigama i znanjem nekoliko stranih jezika, to nije odgovaralo.

Svoju želju da otpočne karijeru u Rusiji, izrazio je grofu Razumovskom, ruskom poslaniku u Beču, koji je to preneo grofu Potockom, pokrovitelju Harkovskog prosvetnog okruga. Potocki ga je 1803. godine imenovao za prvog redovnog profesora fizike na novoosnovanom Univerzitetu u Harkovu (današnja Ukrajina). Već u januaru 1804. godine izabran je za dekana Odeljenja fizičkih i matematičkih nauka, a 1807. i 1811. godine bio je rektor Univerziteta. Meteorologiju je predavao u okviru predmeta fizička geografija.

Mateja Nenadović je, kao izaslanik Karađorđevih ustanika, došao u Harkov 1804. godine. Tu su ih dočekali dvojica Srba, profesori Univerziteta, Stojković i Todor Filipović. Delegacija je izabrala Filipovića da ih prati do Petrograda, jer su procenili da je Stojković „veoma plahovit i da bi sa njim moralo doći do svađe, pa bi im na pola puta uzeo kola i sam se u njima vozio, dok bi oni morali da nastave put peške".

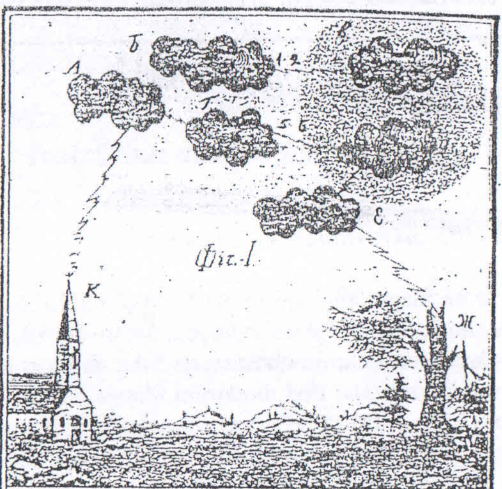
Stojković je bio primoran da zbog jednog trgovačkog propusta 1813. godine podnese ostavku i iz Harkova ode u Petrograd. Odatle se do kraja života dopisivao sa viđenim ljudima iz Srbije i Crne Gore (mitropolitom Stratimirovićem, knezom Milošem i vladikom Petrom I Njegošem. Stojkovića je u januaru 1826. na preporuku Ivana Vukotića, crnogorski vladika Petar I Petrović Njegoš imenovao za diplomatskog predstavnika Crne Gore u Rusiji.

Stojković je umro u Petrogradu, 2. juna 1832. godine.

izlaganja i jasnoći opisa nekih meteoroloških pojava i danas ne bi imalo šta da se doda, niti zameri na tačnosti. Jer, Stojković je očigledno umeo da odabere literaturu koja je sumirala najbolja znanja u to doba, iz ove oblasti. Ovde bi trebalo istaći da je on, ustvari, izvanredno dobro preveo knjigu od Bendžamina Frenklina. To, za srpski narod, nimalo ne umanjuje značaj ovog Stojkovićevog dela. Jer, ne bi trebalo očekivati da pisac govori samo o onome do čega je sâm istraživanjima došao. To bi bilo uglavnom nekompletno i usko, bez sveobuhvatnog prikaza. To i sam Stojković ističe u delu objavljenom u Harkovu 1810. godine: „Velika dužnost svakog prirodnjaka se sastoji u tome da sve više i više rasprostranjuje takve korisne istine, tako da su se mnogi naučnici bavili saopštavanjem ovog važnog otkrića ljubopitljivom svetu. Ja sam mislio da učinim kakvo – takvo korisno delo širenjem njihovih mišljenja u mojoj otadžbini i zato sam sakupio sve što je najkorisnije i najpo-

učnije o ovom predmetu".

Sve ono što o meteorološkim fenomenima Stojković piše u tri toma Fizike i dva rada objavljena u Harkovu (1808. i 1810. godine) predstavlja jedan solidan kurs opšte meteorologije i elemenata fizike oblaka. Govori o sastavu vazduha, o vetrovima, (navodi i „segedinac" koji duva u Sremu) zagrevanju i hlađenju vazduha. Veliku pažnju posvećuje opisu padavina, oblaka, grmljavina i optičkih pojava. Naročito detaljno opisuje prirodu atmosferskog elektriciteta, električnih pražnjenja i mere zaštite od udara groma, sl. 17.2.



Sl. 17.2. Šema oblaka i udara groma u III knjizi Stojkovićeve Fizike.

Stojković upoznaje čitaoce i sa vrstama meteoroloških instrumenata: termometrima, barometrima, isparitelјima, vetromerima i vlažnomeritelјima (higrometrima). Tako navodi karakteristike kaluđer – higrometra, sl. 17.3.

To je higrometar koji je u obliku figure kaluđera kome se pri vlažnom vremenu na glavu navlači, a pri suvom vremenu sa glave pada pamučna kapuljača. To se postiže izduženjem ili skupljanjem strune (kanapa) napravljene od upredenih creva (obično od mačke). Jednim krajem struna je vezana za ruku figure kaluđera, a drugim za vrh kape.



Sl. 17.3. Kaluđer – higrometar.

17.2.2. Nauka o atmosferi Vladimira Jovanovića

U Glasniku Društva srbske slovesnosti, br. XVII, 1863, na 182 stranice štampano je delo Vladimira Jovanovića (1833 – 1922) koji se u sadržaju Glasnika naziva „Klimatologija“, dok na početku dela piše „Nauka o atmosferi i promenama u atmosferi i o njihovom značaju za rastinje“, sl. 17.4.

Iz sadržaja dela može se videti da ga je pogrešno nazivati klimatologija. Autor je očigledno tačno odabrao naziv „Nauka o atmosferi“, ali je iz praktičnih razloga, (da bi bolje animirao korisnike) dodao i jedan opisni deo, koji bi danas svaki urednik izostavio.

Delo nije štampano kao posebna knjiga, već se nalazilo u sklopu Glasnika. Zbog toga dugo vremena u meteorološkim krugovima ovo delo nije bilo poznato (ili su starije generacije prećutkivale da im je poznato da to delo postoji). Tek je koleginica Natalija Janc, diplomirani meteorolog, 1987. godine, prilikom priprema za obeležavanje stogodišnjice Meteorološke opservatorije, pronašla delo u Narodnoj biblioteci Srbije. Tada je to delo, u izdanju Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, preštampano kao posebna knjiga, sada pod naslovom „Meteorološka delatnost Vladimira Jovanovića“, uz sadržajan predgovor Slobodana Plazinića, diplomiranog meteorologa. Imajući u vidu sadržaj, metod izlaganja, sveobuhvatnost opisa i činjenicu

ГЛАСНИК

ДРУШТВА СРБСКЕ СЛОВЕСНОСТИ.

СВЕЗКА. XVII.

У БЕОГРАДУ,

у државној штампарији

1863.

Sl. 17.4.a Korica Glasnika u kome je objavljena Jovanovićeva „Klimatologija“.

С А Д Р Ж А Ј.

Sl. 17.4.b Sadržaj Glasnika u kome je objavljena Jovanovićeva „Klimatologija“.

da se „Nauka o atmosferi" naziva meteorologija, može se reći da je delo Vladimira Jovanovića prvi kompletan udžbenik meteorologije kod nas. Zbog toga će se ovo delo u daljem izlaganju zvati „udžbenik Meteorologije".



Vladimir Jovanović
(1833 – 1922)

Kao državni pitomac, Vladimir Jovanović se usavršavao prvo u Altenburgu, u Mađarskoj, a zatim u Hohenhajmu, u Austriji, uglavnom u oblastima ekonomije i filozofije. Svoja bavljenja u Beču, Berlinu i Parizu, gde se upoznao sa društvenim i prirodnim naukama, opisao je u Nenadovićevoj Šumadinki i Srpskim novinama, kao i u autobiografiji. Posle tri godine provedene u inostranstvu, vraća se u Beograd (oko 1856.) kada je postavljen za upravnika ekonomije u Topčideru. Na imanju Zemljodeljske škole i ekonomije, prema uputstvima Jakšića organizuje meteorološka merenja i osmatranja, a odmah zatim i prva hidrološka merenja. U Topčideru, na izvoru poviše Topčiderske crkve, redovno beleži temperaturu izvorske vode. Sve izmerene hidrološke i meteorološke podatke Jovanović dostavlja Jakšiću u vidu mesečnog izveštaja.

Upoređujući meteorološke podatke sa poljoprivrednim prinosima, u Jovanoviću se začela ideja o pisanju meteorologije s posebnim osvrtom na njen značaj za poljoprivredu i šumarstvo. U ovom periodu, Jovanović je veoma zainteresovan za meteorologiju, jer njegova predavanja u Društvu srpske slovesnosti i na Velikoj školi bila su protkana meteorološkim podacima. Održao je i posebna predavanja iz klimatologije, statistike i ekonomije. Podsetimo se da u ovo vreme Jakšić ima gustu i razgranatu mrežu meteoroloških stanica u Srbiji i već je objavio „Meteorologijsko zavedenije u Srbiji". U Društvu srpske slovesnosti jednovremeno se javlja sa Jakšićem, i uglavnom u oblastima statistike i meteorologije. Slično Jakšiću, smatrao je da su mnoge promene u razvoju privrede uslovljene meteorološkim promenama. Međutim, Jovanović daje i detaljnije analize meteoroloških elemenata i poljoprivrednih prinosa: gubitke u poljoprivredi tumačio je isključivo nepovoljnim vremenskim uslovima. Poznavalac više stranih jezika i jedan od najobrazovanijih ljudi svoga vremena u Srbiji, Jovanović je ubrzo uvideo da je za potrebe poljoprivrede neophodan jedan udžbenik iz meteorologije. Nažalost, već na samom početku pisanja, više zbog politike nego zbog struke, Jovanović, liberal po opredeljenju, dolazi u sukob sa konzervativcima skoro po svim pitanjima od Vuka do razvoja poljoprivrede u Srbiji i programa razvoja Zemljodeljske škole. Baš na pitanju o uređenju ove škole i Ekonomskog zavoda, Jovanović je došao i u sukob sa nadzornikom škole, te krajem 1858. prekida rad na meteorološkim merenjima i prelazi u Ministarstvo unutrašnjih poslova, a već 1859. postaje sekretar odbora Sv. Andrejske skupštine u drugoj vlasti kneza Miloša.

Bio je više zauzet politikom, ekonomijom i finansijama – predmetima koje je predavao na Velikoj školi, nego meteorologijom. Imao je veoma dinamičan i plodan život. Autor brojnih i raznovrsnih knjiga, članaka, brošura iz ekonomije, statistike, meteorologije, poljoprivrede i naravno, politike. Istovremeno politički prognanik i zatvorenik, a zatim ministar i državni savetnik. U periodu najžešćih političkih rasprava drži predavanja iz klimatologije i statistike na Velikoj školi.

Meteorologija je podeljena u tri glave i 133 paragrafa. Glave nose naslove: „Sastav atmosfere", „Promene u atmosferi" i „Koliko zavisi rastinje od atmosfere i promene u atmosferi", sl. 17.5.

U uvodu se daje definicija atmosfere, njena visina, podela po slojevima, kao i opis pojava i promena koje se događaju u atmosferi. Jovanović opisuje posebno svaki gas u atmosferi, daje njihove odnose i težine. Pri opisima se često poziva na ranija izdanja Glasnika i više se posvećuje onim opisima koji imaju veći značaj za rastinje. Na kraju postavlja pitanje: „Kad rastinje neprestano crpe svoju organičku građu iz atmosfere, da li se i otkud nadoknađuje atmosferi to što joj rastinje oduzima"? Za atmosferu zaključuje: „Uopšte, ona je vazda onakva kakva treba da je, pa da u njoj može opstati organički svet pored bezorganičkog, i u organičkom rastinje pored životinja, životinje pored rastinja".

Druga glava je najobimnija. Od ukupno 182 strane, ova glava, koja nosi naziv „Promene u atmosferi" obuhvata 117 strana. Podeljena je u sledeća poglavlja:

a) Svetlost.
b) Toplota.
v) Vetar.
g) Vodena para i njeno taloženje.
d) Atmosferski pritisak.
e) Elektrika i magnetika i
ž) Vatrene pojave.

НАУКА

о

АТМОСФЕРИ И ПРОМЕНАМА У АТМОСФЕРИ, И О ЊИХОВОМ ЗНАЧАЈУ ЗА РАСТИЊЕ.

УВОД.

У науци о саставу и животу растиња (в. XVI. св. Гласника, стр. 43—106) казато је, да растиње није ништа друго, већ *производ сједињења вечитих претварака у известним околинама*, па је уз то напоменуто, *да су атмосфера и земља растињу најближе околине.*

Сад је задатак наш, да промотримо те околине.

Ми одпочињемо тај задатак проматрањем *атмосфере, као једне од најближих околина растиња.*

НАУКА

о

АТМОСФЕРИ И ПРОМЕНАМА У АТМОСФЕРИ, И О ЊИХОВОМ ЗНАЧАЈУ ЗА РАСТИЊЕ.

§. 1.

Ваздух, који свуд унаоколо земљу окружава, назива се *атмосфера*, од грчке речи *атмос (пара)* и *сфера (округ).*

Атмосфера је смеса од разних гасова. Она се нешири без краја, већ је њена висина срачуњена, по некима на 5 до 11, по другима и до 13 и 15 ђеографских миља. Својом целином атмосфера притискује на земљу, као што и својим горњим слојевима притискује на своје ниже слојеве. Најпосле, стање атмосфере није вазда једнако, већ се у атмосфери догађају промене; н. пр. светлост и помрчина, топлота и ладноћа, тишина и ветар, ведрина и облачина, суша и киша и т. д.

И тако ми ћемо проматрати:

I. Састав атмосфере.

II. Промене у атмосфери.

III. Колико зависи растиње од атмосфере и од промена у атмосфери.

Sl. 17.5. Prva i druga stranica Jovanovićeve meteorologije.

Svako od poglavlja veoma je detaljno opisano, tako da u poglavlju o svetlosti izlaže o osnovnim karakteristikama: o rasprostiranju, refrakciji, refleksiji i apsorpciji, u raznim sredinama; o spektru, svetlosti dana; plavetnilu neba; rumeni zore i večeri; sumraku; treperenju zvezda; ogledanju u vazduhu; o dugi; o svetlom vencu ili kolu oko sunca, oko meseca, ili oko zvezda.

U delu o toploti najviše govori o delovima živinih termometara i o vrsti temperaturnih skala (Reomirova, Celzijusova i Farenhajtova).

Opisuje i raspodelu sunčeve toplote na zemljinoj površini, u zavisnosti od obrtanja Zemlje oko Sunca i svoje ose; nagib sunčevih zraka, trajanje dana, raspodelu toplote na zemljinoj površini i izdvajanje toplotnih pojaseva na Zemlji.

Interesantan je prikaz temperature na površini Zemlje i promene temperature vazduha u toku dana, po mesecima i u toku godine.

O vetru govori u više poglavlja. U uvodu opisuje cirkulaciju atmosfere pod uticajem nejednako zagrejanog vazduha. Dalje slede opisi jačine vetra; pravca vetra po glavnim stranama i prikazuje ružu vetra od 16 pravaca.

U poslednjoj glavi o vetru, koja nosi naziv „Vetrove posledice", kaže: „Svaki vetar odlikuje se merom temperature i vlažnosti, po mestu otkud dolazi. I tako svakom vetru na izvesnom mestu zemlje odgovara neka opredeljena srednja temperatura (termometarska vetrova ruža). Međutim, u raznim dobima godine temperatura izvesnog mesta različno se vetrom menja".

U glavi „Vodena para i njeno taloženje" posebno i opširno opisuje postanak rose, slane, oblaka, magle, kiše i snega. Opise o magli i oblaku daje zajedno, jer „između magle i oblaka nema nikakve suštastvene razlike. Moglo bi se reći magla je oblak na zemlji ili oblak je magla na visini".

Govori o klasifikaciji oblaka (perjavi, gusti – nagomilani oblaci; letnja oblačina, pamučni denjkovi, plastav oblak itd). Osim opisa oblaka daje i vremensko stanje: „Kada se perjavi oblaci ukažu u prugama više nagomilani nego za sebe odeljeni: znak je da je atmosfera, ili da na onoj visini, gde su ti oblaci, duva vlažan vazduh, pa se i kiši nadati možemo".

Najviše pažnje posvetio je kiši i snegu. Opisuje postanak kiše; kišne kapi (o zasićenom i nezasićenom vazduhu kroz koje prolaze kišne kapi); o pljusku; tihoj kiši; kiši koja sipi, rominja ili rosi. Takođe, daje opise sumporske ili krvave kiše; sadržinu kapljice: „Uostalom kišnica ni za sebe nije potpuno čista voda, već u njoj ima svakojakih stvari, kao kreča, kalija, gvožđa, mangana, soli, sumporne kiseline, ugljene kiseline, amonijaka itd". U paragrafu o snegu govori o postanku snega; o kristalizaciji; „zašto je u isto vreme u ravnici kiša a na planinama sneg" itd.

U glavi o atmosferskom pritisku govori o barometru i promeni barometarskog stanja, njegovom opisu, čitanju i načinu merenja; o redukciji i o težini atmosfere i njenom pritisku na čoveka i u posebnom poglavlju „barometarske mene sa menom vremena" opisuje „padanje žive u barometru kao preteča burije" i posebno o pravcima vetra i pritisku.

Šta kaže o težini vazduha i njegovom pritisku na čoveka, sledi u **autentičnom** prikazu:

Притисак атмосфере на једног одраслог човека, износи више од 40.000 фунти, јер тело одраслог човека износи преко 20 квадр. стопа. Али свака точка атмосфере притискује на друге точке и озго и оздо, и с лева и с десна, једнаком силом, као и те точке на њу. Услед тога атмосферски птитисак једнак је са свију страна; а почем у самом телу човечијем има ваздуха и почем је тај унутрашњи ваздух у слободном обрту са спољашњим ваздухом: то притисак споменутог ваздуха у телу човечијем држи равнотежу притиску оног ваздуха што споља на тело притискује, и на тој равнотежи оснива се могућност живог човека, да издржи толики терет од атмосфере. Но ако какву животињу ставимо под таконазвану ва-

здушну црпаљку, па том црпаљком исцрпимо ваздух коіи речену животињу окружава, па тиме и његов притисак одбиіемо: тада унутрашњи ваздух истина неможе брзо сав из тела да изиђе, али се он на све стране по телу шири, и почем нема притиска од спољашњега ваздуха: то се сад опажа сила притиска од тог унутрашњег ваздуха. Тим притиском животиња се угуши и надува тако да іоі жиле попуцаіу. — На високим бреговима попушта такође притисак од спољашњег ваздуха (почем іе таі ваздух све ређи, што іе узвишениіи над морским површиіем); а путници преповедаіу, како им іе на високим бреговима текла крв из ушиіу и носа, наравно услед прскања нежних жилица на основу іачег, притиска од ваздуха коіи се налази у телу.

Možemo reći da se treća glava meteorologije odnosi na agrometeorologiju. U njoj opisuje koliko rastinje zavisi od sastavnih delova atmosfere; koliko zavisi rastinje od promena u atmosferi; uticaj svetlosti na rastinje; uticaj temperature na rastinje (pozni i rani mrazevi), raspored temperature po geografskoj širini (prema Humboltu) i raspodela rastinja; raspodela rastinja sa visinom.

Na kraju daje poznate poljsko – privredne poslovice, koje se odnose na vreme, a zasnivaju se na „svetskim iskustvima“. Poslovice su ovog tipa: „Kada je mnogo magle u oktobru biće mnogo snega u zimu“.

§. 133.

Іош остаіе, да споменемо и познатіие полско-привредне пословице, коіе се односе на време, а оснивају се на светским искуствима. Те су:

1) Ко рано сеіе, има време пред собом; ко позно сеіе, има време за собом.

2) Рано семе редко омаша, а позно често.

3) Ко сеіе у зиму редко а у лето густо, таі нетреба да пошируіе своіе житнице.

12*

Sl. 17.6. Početak originalnog Jovanovićevog teksta o poslovicama.

Zbog značaja, dobro je i ovde prikazati ceo spisak poslovica, upravo onako kako ih je zapisao Jovanović:

1) Ко рано сеіе, има време пред собом; ко позно сеіе, има време за собом.

2) Рано семе редко омаша, а позно често.

3) Ко сеіе у зиму редко а у лето густо, таі нетреба да пошируіе своіе житнице.

4) Кад жито о Вратоломиіу сазрева, нетреба итати са озимицом.

5) Сеі грашак кад цветаіу дивље руже, овас кад букве цветаіу, іечам кад раст листа.

6) Ко сеіе іечам и раж у прашину, овас у блато, пшеницу у бусен: таі ће имати свега доста.

7) Жито, коіе іе тихо и позно сазревало, и ниче споро и тихо.

8) Боље іе неколико дана пре, него неколико дана после жњети.

9) Кад раж у Маіу редко стоіи, биће скупа.

10) У цвету раж нетрпи ладноћу.

11) Кад бреза ресе изда, време іе да се іечам сеіе.

12) Ситна проіа немари за кишу кад класа.

13) Виновоі лози, пасуљу и кукурузу ниіе никад одвећ топло (само кад ниіе суша, іер топлота без влаге непоможе).

14) Влага прави траву.

15) Април треба да даде Маіу половину траве.

16) Време се познаіе по ветру, (отац по детету, господар по слуги).

17) Сеі од свега понешто, іер све не пропада у исто време.

18) Када іе у Іануару мало воде, биће много вина. Кад іе Іануар топал, нек іе Бог милостив.

19) Сиіа-ли сунце на Сретениіе; биће добра жетва. Кад іе Фебруар топал, усркс іе ладан.

20) Ако зима устима неуіеде, ошинуће репом.

21) Мартова прашина доноси траву и лишће. Март држи плуг за ручицу; затим долази Април, па га опет на страну оставља.

22) За сушан Април немаре сељани; али априлска киша њима іе по вољи. Св. Ђурађ и Марко често се прозле.

23) Кад Маі ниіе ни врло ладан ни врло влажан, биће пуни и житнице и подруми.

24) Северац (ветар) у Іуниіу свеіава жито у земљу.

25) Сушан Іули носи добро вино.

26) Ако іе почетак Августа леп, биће много и добра вина. Какав іе краі Августа, таква ће сва іесен бити.

27) Септембарска киша добра іе за усеве и лозу. Ако птице из страних земаља неодлете пре Миіоља-дне: зима ће позна бити.

28) Кад іе много магле у Октобру, биће много снега у зиму. Кад лишће у Октобру неће да одпадне: биће идуће године мно-

го гусеница а мало воћа.

29) Грмљавина у Новембру значи, да ће бити много жита. кад се о св. Мрати гуске по леду тоциљаiу, мораiу оне по божићу по блату газити.

30) Беo божић, зелен ускрс. Зелен божић, бео ускрс.

31) Бог те сачувао ведра Божића.

32) Боље iе Божић кужан него iужан.

33) Дуни iуже по Божићу пете,
Нехвала ти кад буде девете (недеље).

34) Ако лето недаде, iесен нема чеса.

35) Ветар кад хоће да престане онда наiвећма душе.

36) Пред зору се мрзне.

37) Град (туча) iе ка' и воiска.

38) Непостоiан; као Март месец.

39) Свети Лука, снег захука.

40) Свети Мрата, снег за врата.

41) Свети Тома тера планинке дома.

42) Зимноi ведрини и летњоi облачини ниiе веровати.

43) Време временом ваља да прође.

17.3. Jakšićeva kvantitativna meteorologija

17.3.1. Prva meteorološka merenja u Srbiji

Prva svakodnevna meteorološka merenja i osmatranja atmosferskih pojava, stanja neba i pojava oko Sunca u Srbiji vršena su u Beogradu, na Senjaku u blizini nekadašnje Markarnice, odnosno u blizini mlina Pisar Laze, teče Vladimira Jakšića (1824 – 1899). Vladimir Jakšić je sa merenjima počeo po starom kalendaru 1. januara 1848. godine. Merio je najpre temperaturu vazduha pomoću „storazdelnog toplopisa" i beležio vremenske uslove, „sorazmernost pogode", u pogledu kiše snega i oblačnosti. Ovom programu priključio je 1. decembra 1850. merenje dnevne količine padavina, a od februara 1855. i merenje vlažnosi vazduha. Ona obuhvataju period od punih 52 godine, od 1. januara 1848. do kraja 1899. Za vreme Jakšićevog povremenog odsustvovanja iz Beograda, merenja je vršio njegov prijatelj Vuk Gavrilović. Poslednjih godina Jakšićevog života, merenja i osmatranja su vršili članovi njegove uže porodice, verovatno sestre i ćerka.

Vladimir Jakšić
(1824 – 1899)

Rođen je u Beogradu, 24. aprila. Otac Jakov prezivao se Popović, i potiče iz svešteničke porodice iz Rače Kragujevačke. U Pešti je stekao lepo bogatstvo, radeći kao trgovac. U Srbiju se vratio 1806. kada je, boreći se protiv Turaka među prvima zauzeo Jakšićevu kulu. Po tome ga nazvaše Jakov Jakšić, i od tada nije nosio prezime Popović. Jakov, kao bogati trgovac i državnik, dobio je jedinca Vladimira kasno, u pedesetoj godini života. Zbog toga je gledao da mu obezbedi što bolju i udobniju budućnost. Upisao ga je u Beogradu u prvi razred osnovne škole 1830. kod poznatog učitelja Grka Kosta Zeke. U julu sledeće godine zbog pojave kolere u Beogradu, premeštaju ga kod oca u Kragujevac. Tada je Jakov zbog državnih poslova duže boravio u Kragujevcu. U Kragujevcu Vladimir uz pohađanje drugog razreda uči francuski i italijanski jezik kod nastojnika vojnog arsenala, Maksima Dubrovčana. Po završetku drugog razreda u avgustu 1832. prelazi ponovo u Beograd. Na Mitrov dan iste godine počinje da pohađa novoosnovanu Veliku školu. U oktobru 1833. Velika škola je preseljena iz Beograda u Kragujevac, gde je Vladimir ponovo pošao u prvu klasu. U avgustu 1838. završio je drugu klasu čovečnosti. Tada ga otac šalje u Oraovicu (Vojvodina) da uči nemački jezik kod prote Sofronija Ivačkovića.

U Sremskoj Mitrovici upisuje realku 1842, da bi u jesen iste godine prešao u Beč, gde na Politehnici uspešno završava trgovački smer (jer ga je otac stalno usmeravao na trgovinu). U jesen 1843. u Tibigenu uči statistiku, a u aprilu 1844. došao je u Hajdelberg kod profesora Raua da studira ekonomiju i finansije. Odatle se vratio u Srbiju posle osam i po godina, pred Đurđev dan 1847. godine.

Odmah po povratku, profesor Liceja Ignjat Stanimirović mu je ponudio mesto na katedri statistike, ali je on to odbio, jer je želeo da radi finansije u Ministarstvu finansija. Jovan Gavrilović, načelnik u tom Ministarstvu rekao mu je da nema slobodnih mesta u finansijama, ali ako hoće da radi u tom Ministarstvu bez plate može da se bavi statistikom. To je Vladimir prihvatio.

Za Vladimira Jakšića, gledajući danas na to, 1848. je bila zaista isto-

rijska godina, protkana sa puno tuge ali i uspeha. Umro mu je otac, koga je mnogo voleo i cenio. Morao je da ide u Vojvodinu da pomogne Srbima u borbi za svoja prava potiv Mađara. Tamo nije poginuo kao mnogi njegovi prijatelji, pa je mogao da nastavi tek započeta meteorološka merenja.

Posle uvedenih meteoroloških merenja u Srbiji, zbog usavršavanja boravi u „učenim akademijama“ u Mlecima, Milanu, Torinu, Firenci, Parizu, Briselu, Minhenu i Beču. Sakupljena naučna znanja su mu mnogostruko nadoknadila „podneseni trud“, a „sabrano iskustvo mu je daleko draže od potrošenog materijalnog blaga“. Bio je čovek vrlo širokih pogleda i naprednih stremljenja. Hteo je da stvori osnove naučnog sistema o novoj srpskoj državi „deržavopis Serbije“, koji, kako ga je on shvatio, počiva na statistici i „klimatičeskim otnošenijama“. Jer, po Jakšiću, u skladu sa pogledima tadašnje nauke, „od umerenosti ili krajnosti temperaturne sorazmernosti zavisi i soveršeni ili pogruženi stepen duhovnog ili moralnog izobraženija obitatelja, njino veće ili manje blagostanje kao i političko nadvesije ili počinjenost“. Ove svoje poglede Jakšić je tokom svoje vrlo plodne naučne delatnosti i ostvario. Započeta meteorološka merenja je vršio do kraja života. Osnovao je mrežu meteoroloških merenja u Srbiji.

Neposredno po uspostavljanju meteoroloških merenja i posmatranja u Beogradu, Jakšić je, 1852. godine, postavljen za profesora Liceja. Na ovom položaju je ostao sve do 1862. godine, i za to vreme je predavao nauku o ekonomiji, finansijama, statistici i trgovini. Sa Liceja je prešao u Ministarstvo finansija. U ovom ministarstvu 1864. godine osnovao je prvo Statističko odeljenje Srbije, koje je vodio sve do penzionisanja 1888. godine.

Vladimir Jakšić je sa prvom ženom imao kćerku Milicu. Ona, iako se udavala tri puta, nije imala dece. Kada je Miličina majka umrla, Vladimir se oženio sa Paraćinkom Rakilom, sa kojom je imao sinove Stevana (rodio se 1881.) i Vladimira (koga su zvali Mirko) i kćerku Olgu. U dvorištu Jakšićeve kuće na Senjaku njegovi potomci danas ponovo vrše meteorološka merenja (u organizaciji Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije). Vladimir Jakšić je umro u Beogradu 16. avgusta 1899. godine.

Originalne beleške o ovim merenjima i posmatranjima se čuvaju u Meteorološkoj opservatoriji u Beogradu. Jedna knjiga, u kojoj su bili upisani rezultati merenja i osmatranja iz perioda 1866 – 1875. godine, izgleda da je izgubljena. Jakšićeva merenja temperature vazduha nisu do sada priključena temperaturnom nizu merenja izvršenim u Meteorološkoj opservatoriji od 1888. Postoji potreba da se to uradi, i da se tako ovaj dragoceni Jakšićev niz učini upotrebljivim, i da se time produži postojeći beogradski niz za skoro četrdeset godina unazad.

Već posle tri godine meteoroloških merenja u Beogradu, Jakšić objavljuje neke rezultate i rasprave zasnovane na ovim merenjima. Uz rezultate: „1. toplota vozduha, stepen preko celog meseca odsekom (najviših, najnižij i srednjij) i absolutno najvišij i najnižij; 2. sorazmernost pogode, čislo dana kišoviti ili snežni, vedri prozračni i oblačni“ – Jakšić daje i čitavu studiju o „mestnoj klimi“ Beograda poredeći je sa klimom u mestima bliže Polutaru, odnosno bliže Severnom polu, sa kontinentalnom i primorskom klimom i sa klimom mesta koja imaju približno jednaku temperaturu „odsekom“ (prosečnu) godišnju, odnosno u pojedina godišnja doba. Vredno je pomenuti Jakšićeve radove o klimi Srbije: Građa za deržavopis Serbije I, Klimatičeska otnosenija zemlje, Klimatična otnosenija zemlje u polovini devetnaestog veka, Klimatična otnosenija zemlje u godini 1854, Klimatična otnosenija zemlje. Ovi radovi su objavljeni u „Glasniku društva srbske slovesnosti“ 1851, 1854, 1855. i 1856. godine. Iz kasnijeg perioda postoji jedna njegova rasprava o metodici merenja isparavanja, koja je objavljena u „Deržavopisu Serbije“ iz 1863. godine.

Jakšić je pratio novu literaturu iz oblasti kojima se bavio, koja je izdavana u evropskim centrima. Pri tome je koristio lična poznanstva i prijateljstva mnogih viđenih ljudi toga doba. Tako, Vuk Karadžić mu je nabavljao i slao knjige iz Beča. Na sl. 17.7. prikazano je pismo koje je Jakšić poslao Vuku da mu se zahvali na knjigama koje je poslao po Jovanu Jovanoviću Zmaju. U pismu se, između ostalog, kaže:

„Visoko učeni i visokopoštovani Gospodine,

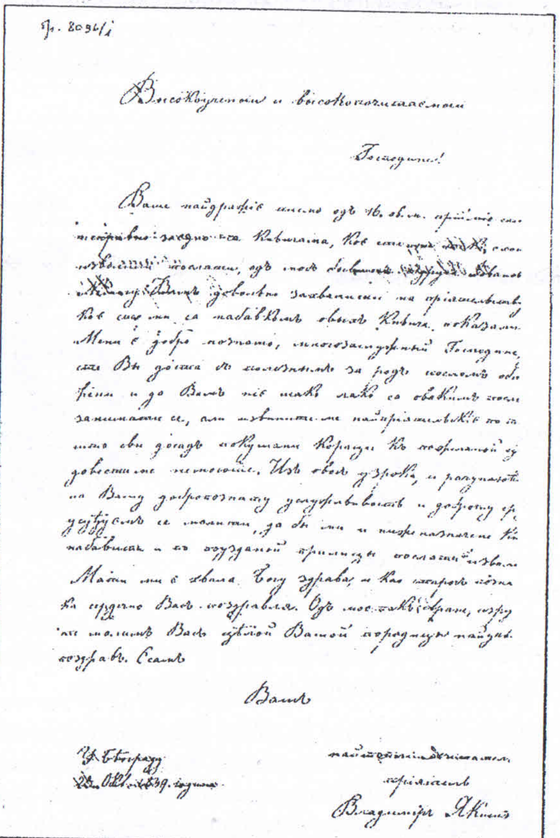
Vaše najdraže pismo od 16. ov. m. primio sam zajedno sa knjigama, koje ste mi ovako rado izvoleli poslati, po mom dobrom sadrugu Jovanoviću...

Vaš, najtoplije poštovanje i prijateljstvo, Vladimir Jakšić“.

17.3.2. Jakšićeva meteorološka mreža stanica

Za meteorologiju Srbije Jakšić je najviše učinio za vreme svog rada u Liceju. Kao profesor Liceja počeo je sa intenzivnim radom na uspostavljanju meteorološke mreže u Srbiji. Godina 1856. može se uzeti kao prva godina kad je u Srbiji radila dobro organizovana meteorološka mreža. Te godine u Srbiji je radilo 20 meteoroloških stanica. Spisak mesta u kojima su se nalazile, i osmatrači koji su vršili merenja su: Topčider (Vladimir Jovanović, upravitelj ekonomije), Šabac (Stefan Mačaj, varoški lekar), Ub (Mihailo Nikolić, učitelj), Valjevo (Svetozar Đorđević, stariji učitelj), Topola (Panta Popović, đakon i učitelj), Nemenikuće (Milija Popović, učitelj), Palanka (Ale-

ksandar Radovanović, učitelj), Požarevac (Živko Kovačević, stariji učitelj), Majdanpek (Maksimilijan Hantken, rudarski zemljomer – geometar), Negotin (Ćira Mirković, upravnik gimnazije), Jagodina (Stefan Nikolajević, telegrafista), Kragujevac (Živko Stojilović, telegrafista), Brusnica (Stefan Kostić, stariji učitelj), Čačak (Stefan Mirosavljević, stariji učitelj), Užice (Spiridon Popović, stariji učitelj), Raška (Jovan Milovanović, učitelj), Karanovac (današnje Kraljevo) (Andrija Buđevac, stariji učitelj), Kruševac (Jovan Carević, stariji učitelj) i Aleksinac (Jovan Antonijević, telegrafista). Vidimo da su osmatrači bili vrlo viđeni i obrazovani ljudi u svom mestu i u tom vremenu. Svi su oni vrlo savesno obavljali posao bez ikakve nadoknade. Neki su se ljutili kada su čuli za uspostavljanje stanica što i oni u njihovim mestima nisu odabrani.



Sl. 17.7. Pismo Vladimira Jakšića koje je 27. oktobra 1849. godine poslao u Beč Vuku Karadžiću.

Sledeće, 1857. godine, u Srbiji je radilo 27 meteoroloških stanica, što verovatno predstavlja najgušću meteorološku mrežu na svetu u to vreme, ako se izuzmu obične padavinske (kišomerne) stanice. Instrumenti postavljeni na stanicama bili su za to vreme neobično dobri. Jakšić ih je kupio kod bečkog Centralnog meteorološkog zavoda, koji je u to vreme raspolagao najboljim meteorološkim instrumentarijumom u Srednjoj Evropi. Jakšić je blagovremeno obavio i druge pripreme da bi omogućio što uspešniji rad u podignutim stanicama. Propisi o ustrojstvu meteorološke mreže, „Meteorologijsko zavedenije u Serbiji", i uputstva za rad na stanicama, „Nastavljenje za osmotritelje pogodopisni beleženja u Serbiji", bili su objavljeni u „Deržavopisu Serbije" za 1857. godinu, sl.17.8.

МЕТЕОРОЛОГІЙСКО ЗАВЕДЕНІЕ

у

СЕРБІИ

основано

ВЛАДИМИРОМЪ ЈАКШИЋЕМЪ,

Профессоромъ у Кн. Сербс. Лицею и многій учены Дружества членомъ.

У БЕОГРАДУ,

Књигопечатни Књажества Сербскогъ.

1857.

Sl. 17.8. Naslovna strana Jakšićevog Meteorološkog zavedenija u Serbiji.

Jakšićeva meteorološka mreža funkcionisala je srazmerno vrlo dobro za sve vreme dok je on bio profesor Liceja. Tako je 1862. ona još uvek brojala deset stanica i radila kao celina. Posle 1862. došlo je do naglog osipanja stanica, ali, ipak su i dalje vršena posmatranja u nekim mestima (Šabac, Kruševac i Aleksandrovac, u periodu 1883 – 1887), a nije isključeno da je njihov broj bio i veći, pošto razdoblje 1862 – 1885. nije dovoljno proučeno u ovom pogledu.

Rukovođenje statističkom službom Srbije, od 1864, nije ga omelo da i dalje ostane veran meteorološkim osmatranjima i merenjima, koja je lično vršio do svoje duboke starosti. U svojim dnevnicima osmatranja, klimatološkim i statističkim radovima, Jakšić je ostavio dragocene beleške o klimatskim, fenološkim i hidrološkim pojavama tog vremena. Od njega potiču prvi podaci o kolebanju nivoa reke Save kod Beograda i vrlo iscrpni opisi karaktera vremena i klime u Srbiji. Kao glavni statističar Srbije, koji je imao uvid u sve podatke zemlje, Jakšić se trudio da razvoj i prinos poljoprivrede dovede u neposrednu vezu sa meteorološkim činiocima, ostavljajući tako vrlo iscrpne podatke o sušnim i kišnim periodima toga doba u Srbiji.

Može se pretpostaviti da je o nekim delovima iz meteorologije izlagano na Liceju i Velikoj školi i znatno ranije pre osnivanja Katedre za astronomiju i meteorologiju (1880). Vrlo je verovatno da je Vladimir Jakšić, u toku svoje desetogodišnje delatnosti (1852 – 1862) na beogradskom Liceju, prvi u nas počeo da upoznaje mlađe naraštaje sa problemima i značajem meteorologije. Može se, takođe, uzeti kao izvesno da su neke oblasti meteorologije izlagane i u okviru predavanja iz fizike i matematike, pogotovu kada je Filozofski fakultet, izmenom zakona o Velikoj školi, donetoj 20. decembra 1873. podeljen na dva stručna odseka: prirodno – matematički i istorijsko – filozofski.

17.4. Osnivanje katedre i podizanje opservatorije u Beogradu

Katedra za astronomiju i meteorologiju je osnovana na Filozofskom fakultetu Velike škole u Beogradu, u januaru 1880. godine. Te godine bile su donesene izmene i dopune zakona o ustrojstvu Velike škole iz 1863. Njima je bio utvrđen raspored predmeta po Katedrama, među koje je po prvi put bila uvedena Katedra za astronomiju i meteorologiju.

To je došlo posle skoro dvadesetogodišnjeg jenjavanja meteorološke

aktivnosti u Srbiji, izuzimajući Jakšićeva merenja u Beogradu. Ovaj događaj je odraz nesumnjivo izmenjenih i novih shvatanja značaja astronomije i meteorologije u nas. On se javlja kao saznanje i potreba da se mlađim naraštajima omogući sticanje osnovnih znanja iz ove dve nauke u najvišoj prosvetnoj ustanovi u Srbiji.

Osnivanje Katedre i izbor Milana Nedeljkovića za profesora astronomije i meteorologije predstavlja jedan od presudnih momenata u razvoju meteorologije u Srbiji, a može se reći i šire, u čitavoj bivšoj Jugoslaviji.

Pre nego što je Katedra za astronomiju i meteorologiju unesena u Zakon o Velikoj školi (1880), tadašnji ministar prosvete Stojan Bošković, raspisao je „stečaj“, početkom 1879. za jednog državnog pitomca za stručno izučavanje astronomije i fizike na velikim školama u inostranstvu. Ovo državno „blagodejanje“ dobio je Milan Nedeljković, tadašnji profesorski pripravnik za matematiku i fiziku u Velikoj školi.

Milan Nedeljković
(1857 – 1950)



Rođen je u Beogradu, u Abadžijskoj ulici (ranije Kraljice Natalije, sada Narodnog fronta) 27. novembra. Otac Gligorije, abadžija dobrog imovnog stanja, doselio se u Beograd iz sela Jabučje kod Lajkovca. Uprkos tome što je sam Milan tako brižljivo zapisivao sve detalje iz svoga života, nije ostalo ništa zapisano o njegovom osnovnom školovanju. Prvu mušku gimnaziju je završio 1873. kao đak generacije. U jesen 1873. upisuje se na prirodnomatematički odsek Filozofskog fakulteta Velike škole. Na studijama, fiziku i matematiku su mu predavali profesori Kosta Alković i Dimitrije Nešić. Kao student dobio je na Svetog Savu 1876. prvu nagradu za temu iz fizike. Sa navršenih devetnaest godina, u junu 1876. je diplomirao sa odličnim uspehom.

U avgustu 1877. podneo je molbu Akademskom savetu da ga zaposle kao pripravnika za fiziku i matematiku. Savet je pocenio da je on dobar kandidat, ali da je dobrog imovnog stanja pa su predložili da ga prime pod uslovom da radi besplatno dok ne položi propisane ispite. Rektor Velike škole je odredio da prima platu od 100 dukata (ostali pripravnici su imali platu 300 dukata). Nedeljković je trpeo nepravdu do septembra 1878. Tada je pi-

smom tražio da se izjednači sa ostalim pripravnicima. Ministarstvo prosevete ga je uputilo u realnu gimnaziju, gde je trebalo da drži nastavu iz srpskog i nemačkog jezika. Pošto se žalio da to ne može da radi, vraćen je kao drugi nastavnik matematike i docent fizike na Velikoj školi.

Nedeljković je 16. avgusta 1878. pisao Ministarstvu prosvete sa molbom da ga upute na studije na nekom univerzitetu u inostranstvu. Molba mu je odbijena, ali on nije odustajao. U martu 1979. ponovo je molio za stipendiju, prilažući i potvrde o zdravstvenom i materijalnom stanju. U maju iste godine ministar Bošković je odlučio da mu se dodeli stipendija. Profesori Velike škole (Josif Pančić, Kosta Alković, Sima Lozanić, Ljubomir Klerić, Dimitrije Nešić i Dimitrije Stojanović) su predložili da se uputi na četiri godine u inostranstvo. Tri godine da studira u Parizu. Programom studija određeno je da uz odabrane matematičke i fizičke predmete sluša meteorologiju i astronomiju. Polovinu četvrte godine trebao je da provede u Londonu, a u drugoj polovini da upozna najbolje meteorološke i astronomske stanice u Evropi.

Sredinom 1879. godine Nedeljković je, kao državni stipendista, stigao u Pariz „gde je radi dovršenja svog školskog obrazovanja i radi specijalnih studija iz astronomije i meteorologije proveo skoro pet godina". Na Sorboni i Kolež d' Fransu studirao je školske 1879/80 i 1880/81. U Astronomskoj školi Pariške opservatorije, Meteorološkom institutu Francuske i Opservatoriji u Park Sen-Moru proveo je od oktobra 1881. do kraja jula 1884, radeći na mnogim astronomskim i meteorološkim problemima. Ispite sa prve godine položio je uspešno, ali se početkom leta 1880. razboleo. Lekari su predložili da se leči na moru. U avgustu je upućen na lečenje o trošku Ministarstva prosvete, i vratio se na studije početkom oktobra.

U jednom dopisu Nedeljković obaveštava Ministarstvo u Beogradu da njegovi profesori iz Pariza žale što u Beogradu nema ni astronomske ni meteorološke opservatorije. Očigledno ih je pripremao da mu, kada se vrati u Beograd, dozvole da osnuje Opservatoriju.

Nedeljković je proveo u Parizu punih pet godina. Stekao je diplome matematičkih nauka, fizike, meteorologije, astronomije, metrologije i precizne mehanike. Završivši usavršavanje sa odličnim uspehom, Nedeljković se kao izgrađen i već iskusan stručnjak vratio iz Pariza u zemlju. Sredinom avgusta 1884. državni pitomci Milan Nedeljković, Ljubomir Nedić i Andra Đorđević zatražili su posao od ministra prosvete. Ministar je Nedeljkoviću ponudio Katedru matematike i fizike, ali je on to odbio, te je postavljen za suplenta astronomije i meteorologije od 1. oktobra 1884. Dve godine kasnije, 25. decembra 1886, izabran je za profesora astronomije i meteorologije na

istoj školi. Njegov dolazak na Veliku školu omogućio je da se počne sprovoditi program iz astronomije i meteorologije prema propisu iz 1880.

Neobično velikom upornošću Nedeljković je osnovao provizornu (1887) i novoizgrađenu Meteorološku opservatoriju u Beogradu 1891. Obnovio je i proširio mrežu meteoroloških stanica u Srbiji. Kao aktivni učesnik Prvog svetskog rata i Milan Nedeljković i sin mu Aleksandar dobijaju Albansku spomenicu. Započeo je jos jednom obnavljanje meteorološke mreže posle I svetskog rata. Pri još nezavršenom poslu penzionisan je i iselio se iz Opservatorije 6. jula 1924. I tog poslednjeg radnog dana uradio je ono što je najčešće praktikovao. Napisao je dva pisma ministru prosvete u vezi sa daljim radom Opservatorije. Kao penzioner dugo je živeo u kući na Dedinju. Gajio je ruže, voće i radio u vinogradu. Njegova supruga Tomanija obezbedila mu je i tada lepe materijalne uslove za život. Ona je bila veoma bogata. Deo toga bogatstva je upotrebila za rad Opservatorije. Milan Nedeljković je nadživeo svoju decu. Kćerke su umrle od difterije koja je zahvatila Srbiju. Vidosava je umrla 1891. a Vukosava 1892. Sin Aleksandar je preživeo difteriju zahvaljujući majčinom mleku koje je sisao (rođen je 11. februara 1890). Sin je umro 29. novembra 1949. a Milan 21. januara 1950. Supruga Tomanija Nedeljković je umrla 12. avgusta 1959.

Glavno obeležje Nedeljkovićevog rada je bilo pisanje neobično mnogo opširnih pisama, uglavnom ministru prosvete. Napisao ih je nekoliko hiljada. Još od studentskih dana pisma su bivala sve redovnija i opširnija. Pisma je i publikovao, i tako ih učinio dostupnim. Biografima je olakšao da razvoj meteorologije u njegovom periodu prikažu bez velikog pretraživanja po mnogim arhivama. Sada se može reći da je na tome potrošio ogromnu energiju. Kao obrazovan meteorolog i poznavalac jezika, mogao se baviti pisanjem stručnih radova, na način i u medijima koji su i tada bili dostupni, a to su evropski stručni časopisi. Uz svo poštovanje njegovog rada, to bi bila jedna velika zamerka, koju su isticali i njegovi savremenici koji su se bavili drugim naukama. Ovu zamerku namerno ističemo kao pouku mlađim generacijama. Jer, iste greške se mogu praviti u različitim istorijskim razdobljima.

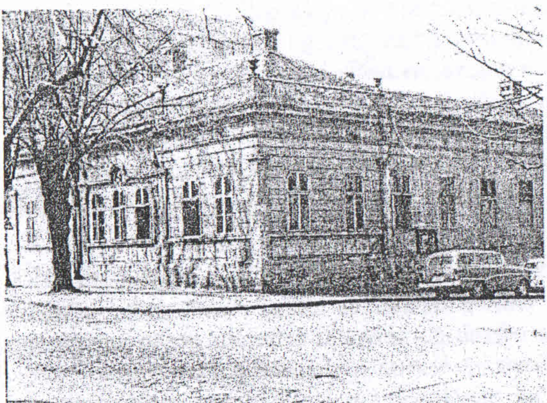
Kao izvanredan poznavalac tadašnjih naučnih metoda u meteorologiji, i njenog velikog značaja za razvoj raznih grana privredne delatnosti, Nedeljković je odmah po povratku u zemlju razvio neumornu aktivnost na osnivanju moderne opservatorije za meteorološka i astronomska osmatranja i ispitivanja, i na uspostavljanju i održavanju sistematskih meteoroloških osmatranja po celoj Srbiji. Tako je nastavio pionirsko delo svog prethodnika na tome polju, Vladimira Jakšića. Već u svojoj molbi ministru prosvete u

vezi zaposlenja na Katedri astronomije i meteorologije na Velikoj školi, sredinom avgusta 1884, podnosi iscrpan izveštaj o svome školovanju u Francuskoj. Takođe je naveo sve poslove za koje se spremao i koje je bio speman preuzeti na sebe. Po njegovim rečima to je u prvom redu bilo „podizanje Beogradske Opservatorije i meteoroloških stacija u Srbiji, jer su iste ustanove nužne i katedri Astronomije i Meteorologije u Velikoj školi i našoj Nauci, a i našoj Domovini zarad njenog razvijanja i ugleda među kulturnim narodima“.

Nedeljkovićeva nastojanja oko osnivanja opservatorije vrlo brzo su urodila plodom. Ministar prosvete i crkvenih dela Milan Kujundžić Aberdar, u skladu sa sporazumom Međunarodne geodetske konferencije u Berlinu, i predloga profesora astronomije i meteorologije Milana Nedeljkovića, piše rektoru Velike škole 26. marta 1887: „... Uviđajući razloge iznete u predlogu i ceneći naučnu i praktičnu važnost Astronomske i Meteorološke Opservatorije rešio sam... da se za Kraljevinu Srbiju podigne provizorna Astronomska i Meteorološka Opservatorija u privatnoj kući na Vračaru pod upravom i rukovođenjem g. Milana Nedeljkovića, profesora Astronomije i Meteorologije na Velikoj školi“.

Početkom 1885. bila je osnovana posebna komisija Ministarstva prosvete čiji je zadatak bio da prouči pitanje osnivanja meteoroloških stanica u Srbiji. Vrlo je verovatno da bi ovo pitanje bilo uspešno rešeno te godine da nije došlo do rata sa Bugarskom. Zbog toga je ono odloženo sve do 1887.

Nedeljković je 1. maja 1887. za potrebe provizorne opservatorije zakupio, na tri godine, privatnu kuću Ernesta Gajzlera, na jugozapadnom Vračaru, sl. 17.9.



Sl. 17.9. *Zgrada u današnjoj ulici Svetozara Markovića br. 46, u kojoj je radila Provizorna astronomska i meteorološka opservatorija od 1. V 1887. do 1. V 1891.*

U provizornoj opservatoriji otpočelo se sa radom 1. jula 1887. Vršena su samo meteorološka merenja i posmatranja, srazmerno skromnim meteorološkim instrumentima. Prvi osmatrači su bili sam Milan Nedeljković, njegova žena Tomanija, njegova braća Vojislav i Mlijan, učenici gimnazije, i jedan njihov školski drug, učenik realke. Bila su uvedena redovna osmatranja u 4, 7, 10, 13, 16, 19 i 22 sata, a od 1. septembra 1888. godine uvedeno je osmatranje i u 1 sat po ponoći, tako da su se merenja vršila 8 puta dnevno u toku 24 časa. Godine 1891. ovim terminima su bila pridodata još i 3 „klimatološka termina“, u 7, 14 i 21 sat po mesnom vremenu, da bi nizovi posmatranja s meteoroloških stanica u unutrašnjosti zemlje bili uporedivi sa beogradskim opservatorijskim nizom.

Rad u provizornoj opservatoriji je obavljan uz znatne materijalne žrtve samog Nedeljkovića. Godišnja zakupnina za zgradu opservatorije iznosila je 2880 tadašnjih dinara. Ministarstvo prosvete za ovu svrhu je bilo obezbedilo sumu od samo 2000 dinara. Razliku je doplaćivao Nedeljković iz ličnih sredstava, a takođe snosio i sve ostale troškove oko izdržavanja provizorne opservatorije uključujući i đaka – posmatrača. Radi poređenja navedimo, nažalost, slično se dešava i danas, 2005. godine, kada Ministarstvo prosvete ne odobrava ni 30% potrebnih sredstava za najnužnije plaćanje (struje, grejanja, vode) univerzitetskoj ustanovi koja se bavi meteorologijom.

Prva Pravila o ustrojstvu Srpske meteorološke mreže i osmatranja potpisao je ministar prosvete 15. septembra 1888. godine, na osnovu kojih će, u toku nekoliko narednih godina, biti podignute meteorološke stanice u Kragujevcu, Nišu, Zaječaru, Valjevu, Užicu, Kruševcu, Vranju, Pirotu, Požarevcu i Šapcu. Prema Nedeljkovićevom planu, osmatranja su vršili profesori fizike i srodnih predmeta. U toku iste godine Nedeljković je uspeo da ubedi Ministarstvo prosvete da nabavi iz Berlina i Pariza „kompletan pribor za 12 stacija“ i obezbedi štampanje „Meteorološka uputstva za Srpske stacije“. Ovim su bili ispunjeni osnovni preduslovi za plansko i organizovano uspostavljanje mreže meteoroloških stanica u Srbiji, koju je Vladimir Jakšić, 35 godina pre toga, bio uspešno osnovao.

Zajedno sa uspostavljanjem meteorološke mreže u zemlji, Nedeljković se uporno zalagao za podizanje stalne opservatorije Velike škole. Tako, 22. avgusta 1888. već po drugi put obraća se ministru prosvete sa obrazloženim predlogom za podizanje stalne opservatorije. Da je Nedeljković potpuno vladao ovim složenim i ozbiljnim poduhvatom, najbolje se može videti iz njegovog referata o astronomskoj i meteorološkoj opservatoriji koji je podneo ministru prosvete i crkvenih poslova 9. septembra 1889. Evo izvoda iz tog referata:

„Opservatorija Velike škole ima zadatak...

Prvo, da bude mala astronomska opservatorija za primenjenu, preciznu astronomiju – onu koja nam treba za posvednevnu odredbu vremena (časa) i za odredbu longituda i latituda (i azimuta), pored nekoliko specijalnih naučnih zadataka, koji stoje u svezi sa ovim gornjim, i pored njenog zadatka kao vežbaonice za učenike Astronomije u Velikoj školi i druge radenike;

Drugo, da bude velika meteorološka opservatorija za sva kurentna posvednevna meteorološka posmatranja i za razna specijalna meteorološka posmatranja i ispitivanja;

Treće, da bude centrala za sve meteorološke stanice u Srbiji, kojima se u zadatak stavljaju: posvednevna posmatranja sviju meteoroloških prilika Srbije, zarad utvrđivanja njene klimatologije u celji naučnoj i primenjenoj;

Četvrto, da bude mala zemnomagnetska opservatorija, u kojoj bi se posvednevno zemnomagnetske prilike posmatrale i pratile, sa zadatkom da izvrši i zemnomagnetski premer Srbije;

Peto, da prati zemljotresne prilike pomoću seizmografa; “.

Treba pomenuti da je Nedeljković sličnim rečima, još 1884, po povratku iz Francuske, izložio ministru prosvete zadatke i poslove buduće opservatorije. Oni su, može se reći, ostali nepromenjeni dugi niz godina i njihovom ostvarenju Nedeljković je posvetio skoro svu svoju aktivnost.

Opservatorija je i kao čisto nastavna ustanova trebalo da odigra značajnu ulogu u razvoju meteorologije, astronomije i geofizike. Trebalo je da se studentima pruži mogućnost eksperimentalnog i osmatračkog rada iz ovih disciplina, zato Nedeljković obrazlaže o ovome u pre pomenutom referatu:

„Na posletku, Beogradska opservatorija, kao laboratorija – katedre Astronomije i Meteorologije u Velikoj školi, ima da posluži i drugoj jednoj velikoj potrebi: potpunoj nastavi učenika Velike škole. A ovo je važno za našu najvišu školu, čiji je zadatak: da bude vrelo Nauke, na koji sva srpska omladina, koja traži više nastave, dolazi i napaja se Naukom, da bi jednog dana, kada bude pozvana da radi, korisno poslužila Domovini svojoj i celom Srpskom Narodu istinom i naukom. Što naša Velika Škola još nije postigla ovaj svoj ideal, između drugih uzroka bio je i ovaj: što je Nauka, najvećim delom, u njoj bila samo reč a ne i delo; što je Nauka u njoj, najvećim delom, samo sa katedre propovedana, a malo je rađena i nije dovoljno gajena. Te zbog toga učenici Velike škole najvećim delom nisu se napajali metodama posmatranja, ispitivanja, iznalaženja: oni se nisu dovoljno vežbali u Nauci niti su se njome i u njoj pravilno odgajivali“.

Poznato je mnogo detalja oko Nedeljkovićevih napora za podizanje stalne opservatorije. Napomenimo samo neke činjenice. Nedeljković je prvo hteo da se opservatorija podigne na Topčiderskom brdu, tada daleko izvan grada. Njena izgradnja trebalo je da košta 90000 tadašnjih dinara. Znajući da su novčana sredstva Srbije mala, i da bi održavanje i komuniciranje takve opservatorije sa gradom i Velikom školom bilo vrlo teško, prihvaćen je drugi Nedeljkovićev predlog, da se podigne skromnija opservatorija bliže gradu, na najvišoj tački Zapadnog Vračara. Za tu namenu, 20. marta 1889. od Beogradske opštine je dobio zemljište za opservatoriju, veličine 1,83 hektara. Takođe je u toku 1889. i 1890. uspeo da obezbedi i potrebne kredite za samu zgradu opservatorije. Zgrada za opservatoriju građena je u toku 1890. i 1891, prema projektu Jovana Ilkića, i idejnim rešenjima i sugestijama Nedeljkovića. Izgradnja zgrade za stalnu opservatoriju stajala je 50000 tadašnjih dinara.

Merenja u parku nove stalne opservatorije počela su 1. maja 1891. Time je Nedeljković uspešno ostvario jednu svoju osnovnu želju „da Katedra za Astronomiju i Meteorologiju Velike škole dobije svoju radionicu“, kako je on često nazivao Opservatoriju. Zgrada Opservatorije istog izgleda i donekle izmenjene namene, i danas postoji. Naime, danas je to samo Meteorološka opservatorija u okviru Republičkog hidrometeorološkog zavoda, a ne u okviru Beogradskog univerziteta. Ona predstavlja jedno od retkih vrednih starih zdanja Beograda.

Nedeljković je, dakle, za svega nekoliko godina na Velikoj školi uspeo da ostvari dva krupna zadatka. Učinio je vidan napredak u pogledu organizacije i stvaranja baze za dalji razvoj meteorologije u Srbiji. Time je, prema njegovoj zamisli, bio pređen samo prvi korak, tj. uspešno organizovanje meteorološko – klimatološkog rada, koji je bio svakako bliži svakodnevnim potrebama ljudi. To je, prema njegovom mišljenju, trebalo da stvori uslove da se „utre put astronomskom radu – kojemu treba skupih instrumenata, a isto tako i meteorološko – fizičkom radu za potrebe moderne meteorologije“.

17.5. Meteorologija u Srbiji do kraja I svetskog rata

17.5.1. Obnavljanje meteorološke mreže stanica

Neposredno po osnivanju Opservatorije, u punom radnom zamahu, Nedeljković je iznenada teže nervno oboleo. Uzrok bolesti bila je iznenadna smrt dve njegove kćerke, koje su umrle 1891. i 1892. godine od difterije. Dijagnoza njegove bolesti je bila Neurasthenia celebralis. Po savetu lekara morao je da prekine sa svakim intelektualnim radom. Na bolovanju je bio od polovine 1892. do kraja 1894. godine. Lečio se u inostranstvu i na moru. Svi započeti poslovi su skoro potpuno prekinuti, jer je Nedeljković bio jedini na Katedri i opservatoriji od stalnog osoblja. Poslovi na Opservatoriji svedeni su na merenja i osmatranja meteorološke stanice II reda, i to zahvaljujući jednom jedinom osmatraču, đaku Velike škole Dušanu Hadži-Iliću. Rad na podizanju meteoroloških stanica po Srbiji bio je potpuno obustavljen.

Povratkom Nedeljkovića sa bolovanja, krajem 1894, počinje se ponovo sa intenzivnim radom u Opservatoriji. Tako su, od 1. januara 1895. godine uvedena „svakočasna merenja“, koja su od tada pa sve do 1. avgusta 1914. godine neprekidno vršena u Opservatoriji, Sa podizanjem meteoroloških stanica u Srbiji moralo je po treći put da se počne skoro ispočetka. Uviđajući da se rad na stanicama ne može obavljati na potpuno dobrovoljnoj osnovi, Nedeljković se izborio da se „rukovođama stacija“ zakonskim propisom osiguraju naknade za uloženi trud i daju izvesne privilegije i olakšice u redovnoj službi. Tako je, 19. januara 1895. godine, ministar prosvete propisao nova „Pravila o ustrojstvu meteorološke mreže posmatranja“, kojima su, 30. novembra 1896, pridodata i „Pravila za meteorološke stacije III i IV reda“. Ova pravila obrađivala su materiju koja se odnosila na „dopunske“ meteorološke stanice, koje su, sa stanicama II reda i Meteorološkom opservatorijom u Beogradu, sačinjavale „Meteorološku Mrežu Stacija Kraljevine Srbije“.

Iscrpnu sliku o stanju meteorologije u Srbiji 1897. godine ostavio je Jelenko Mihailović, tada profesor I beogradske gimnazije i dobrovoljni honorarni asistent Opservatorije, u svome članku „Meteorološke opservatorije kao prosvetne i kulturne ustanove u susedstvu“, objavljenom u „Odjeku“, a preštampanom i kao posebna brošura. Da bi se dobila što potpunija slika o delatnostima Opservatorije, njenoj instrumentalnoj opremljenosti, navedimo poređenje sa stanjem meteorologije u susednim zemljama iz pomenutog Mihailovićevog članka.

„1. Mreža meteoroloških stacija.

Krajem prošle godine (1896) radilo je u Srbiji svega 88 meteoroloških stacija, a u toku ove godine prinovljeno je još 40, tako da sada radi 128 stacija. Do kraja ove godine (1897) otvoriće se još 42, tako da će početkom iduće godine Srbija imati dovoljno raširenu meteorološku mrežu. Sada pak meteorološku službu u Srbiji vrši mreža od 128 stacija, koje su organizovane u svemu po propisima internacionalnog meteorološkog kongresa. Ovu mrežu sastavljaju: jedna Opservatorija Velike škole, koja je centralno mesto mreže, dalje: 6 stacija I reda (kao u Bosni), 8 stacija II reda (pravih), 19 stacija III reda, 94 stacije IV reda (kišomerske). Među ovim stacijama podići će se još u toku ove godine 20 rečnih stacija (vodomerne), koje su naročito važne, jer se pomoću njih daju predvideti poplave u zemlji. Materijalne oskudice Opservatorije učinile su te ove stacije nisu do sada otvorene. Sve ove stacije sa potrebama, instrumentima, formularima, knjigama itd. snadbeva sama Opservatorija, kupujući potrebe za gotov novac od fabrika i štamparije.

2. Rad u Opservatoriji i stacijama.

Rad je u centralnoj Opservatoriji i u Beogradu podeljen u četiri sekcije: meteorološko – klimatološku, astronomsku, magnetsku i administrativnu.

a) Sekcija meteorološko – klimatološka. U Beogradskoj opservatoriji sva se posmatranja vrše 24 puta dnevno (dan i noć) dakle svakoga sata i danju i noću neprekidno. Ova direktna posmatranja svakoga sata upoređuju se sa upisivanjima na automatičkim spravama, pomoću čega se može odrediti stanje izvesne meteorološke pojave u toku svakoga minuta vremena. Ovako se radi samo u najvećim francuskim opservatorijama (park Sen Mor). U Beču se npr. direktna posmatranja vrše samo tri puta dnevno, pa se posle izračunava za svaki sat. Mi dakle imamo direktna 24-časna posmatranja i automatska upisivanja. Kada bi se ovako prikupljen materijal sredio za štampu i publikovao, stekao bi našoj Opservatoriji glas među najboljim meteorološkim Opservatorijama u Evropi, ona je s tim na čisto i ne sumnja u uspeh svoga rada.

U Beogradskoj se opservatoriji na pokazani način svakoga sata neprekidno posmatraju ove meteorološke pojave: atmosferski pritisak, temperatura vazduha u zaklonu, temperatura na otvorenom prostoru bez zaklona, temperatura zemljine površine i na nekoliko raznih dubina u zemlji, zračenje Sunca (insolacija), sijanje Sunca, vlažnost vazduha, pravac i brzina vetra, veličina isparavanja u vazduhu, količina kiše i svih ostalih padeža, visina snega, oblačnost, nepogode. A ako bude pomoći u personalu i materijalnim sre-

dstvima, Opservatorija će još ove godine otpočeti internacionalno merenje oblaka i usavršiti svoja vrlo važna aktinometrijska merenja, kao i posmatranje seizmometarskih pojava (zemljotrese).

U stacijama I reda (Kragujevac, Užice, Šabac, Niš, Vranje i Bukovo) beleže se sve ove pojave na direktnim instrumentima (osim zračenja i sijanja Sunca, temperature površine i dubine zemljine, i isparavanja) neposredno i na automatskim instrumentima.

U stacijama II reda (Kruševac, Kraljevo, Požarevac, Paraćin, Zaječar, Pirot, Valjevo i Soko Banja) beleže sve ove pojave, koje i I reda na direktnim spravama, ali bez automatskih.

U stacijama III reda beleže iste meteorološke pojave osim atmosf. pritiska. – Posmatranja se u ovim stacijama I, II i III reda vrše tri puta dnevno po internacionalnoj formuli 7 s. pre p, 2 s. i 9 s. po podne.

Stacije IV reda – kišomerske mere na instrumentima kišu (neke i temperaturu) jedan put za 24 sata i to u 7 s. pre podne. Osim toga beleže još i sve one pojave koje se posmatraju bez instrumenata (oblačnost, hidrometeore, optičke pojave, nepogode itd.)

Rukovođe – posmatrači su u pomenutim stacijama I reda profesori u tam. srednjim školama, a u jednoj nastavn. vinodel. škole, u 6 stacija II reda rukovođe su profesori, u jednoj nastavnik ratarske škole, a u jednoj učitelj osnovne škole, koji svi dobijaju nagradu od Opservatorije.

Rukovođe po stacijama III i IV reda rade sav posao besplatno s ljubavlju i odanošću ka samoj ustanovi, a rade ga potpuno savesno, što i jeste najvažniji uslov za poslove ove vrste. Među svoje saradnike iz ovih stacija, Opservatorija s čašću pominje: 1 oca igumana, (man. Vitovnica), 2 ekonoma, 104 učitelja osnovnih škola i 6 telegrafista. Imena ovih iskrenih pomagača svojih, objaviće Opservatorija u naročitom jednom izveštaju.

g) Sekcija administrativna održava korespondenciju sa stacijama u zemlji i nadleštvima, registruje sve pošiljke meteoroloških opažanja iz pojedinih stacija koja se šalju redovno svaka tri meseca iz unutrašnjosti, a od stacija I i II reda još i telegrafske izveštaje, koji se redovno svakoga jutra šalju Opservatoriji. Iz tih telegrafskih izveštaja sastavlja se dnevni bilten Opservatorije, koji se svakoga dana publikuje u „Srpskim Novinama“ a još i preko celoga dana stoji izložen u zgradi Opservatorije.

ДНЕВНИ БИЛЕТЕН ОПСЕРВАТОРИЈЕ ВЕЛИКЕ ШКОЛЕ

Бр. 31, Уторак 4. фебруара 1897 год.

Sl. 17.10. Fotokopija „Dnevnog biletena“ Opservatorije Velike škole iz 1897. godine. Bilten je izdavan svakodnevno i objavljivan u „Srpskim novinama“.

Da bi se ovako ogromni tekući poslovi Opservatorije mogli otpravljati, kontrolisati, sračunavati i sređivati, svi izveštaji mesečni i vanredni iz tako mnogobrojnih stacija, svako će razumeti da tu treba dovoljno spremnoga i stalnoga personala...

5. Instrumenti u Opservatoriji i stacijama.

U centralnoj Opservatoriji srpske mreže meteoroloških posmatranja svakoga sata neprekidno beleže meteorološke pojave na direktnim i automatskim instrumentima, a to su:

a) direktni: normalni barometar Fuesov, i barometar (za atmosf. pritisak), maksimalni i minimalni termometar, termometar bez zaklona, insolacioni maksimalni termometar, sistem termometara, (običan, maksimalni i minimalni) na površini zemljinoj, sistem termometara na raznim dubinama u zemlji, termometar za noćno zračenje zemlje, psihrometar s tičijim valovom (sve sistema Bodenovog), psihrometar Asmanov, psihrometar Krovin, psihrometar Alijardov, higrometar Kopeov, pluviometar desetostručar, pluviometar Helmanov (za merenje kiše), anemometar Vildov (za vetar) evaporimetar Vildov (za isparavanje), aktinometar Aragov (za merenje toplote sunčevih zrakova), a namestiće još i aktinometar Krovin direktan za apsolutna merenja u kalorijama.

b) automatski: barograf Šprung – Fuesov veliki s pandilom i električnom strujom, barograf sa živom, barograf aneroid (stac. I reda), termograf, higrograf, aktinometar (svi sistema Rišard), evaporograf Riš, heliograf, pluviograf Riš, pluviograf Hotingerov, anemometar Robinsonov, kontrolni anemometar Fuesov, anemosinemograf (za automatsko upisivanje brzine i jačine vetra), automatska vetrenica Riš. – Dakle ima 20 direktnih i 14 automatskih instrumenata meteoroloških.

Stacije I reda imaju od direktnih instrumenata: barometar Fortenov, maksimalni i minimalni termometar, psihrometar, higrometar Kopeov, pluviometar desetostručar, anemometar Vildov; od automatskih: barograf aneroid, termograf i higrograf sve sistema Rišardovog. Dakle po 8 direktnih i 3 automatska instrumenta. Podizanje jedne ovakve stacije staje Opservatoriju po 1200 din.

– Stacije II reda imaju sve ove direktne, a nemaju ni jednog automatskog instrumenta. Podizanje jedne ovakve stacije staje Opservatoriju 700 din.

– Stacije III reda imaju: termometar običan, maksimalni i minimalni termometar, pluviometar Helmanov, i anemometar Vildov. Svaka od njih staje Opservatoriju po 150 din.

– Stacije IV reda, kišomerske imaju samo pluviometar Helmanov, a neke i termometar obični. Instrumenti ovakve jedne stacije staju Opservatoriju po 40 dinara.

Iz ovog pregleda se vidi koliko raznih instrumenata ima po pojedinim meteorološkim stacijama i koliko one staju Opservatoriju pored troškova oko održavanja njihova. Ovde valja dodati i to da Opservatorija mora imati još toliko isto rezervnih instrumenata.

4. Personal Opservatorije.

Ovde već ne možemo govoriti kao kod ranijih sličnih zavoda (primedba: misli se na Meteorološke zavode u Rumuniji, Bugarskoj, Bosni i Hercegovini), jer Opservatorija srpska za meteorologiju, astronomiju i zemljin magnetizam i pored ovako raznovrsnog rada, još nema svoga personala stalnog. Pa ipak se poslovi Opservatorije otpravljaju redovno stručnim radenicima – dobrovoljcima, koji su taj posao obavljali i obavljaju bez ikakvih nagrada pored svojih redovnih dužnosti u drugim državnim zavodima.

To je najbolji dokaz da u Srbiji ima uslova i ima volje za rad na meteorološkom i astronomskom polju naše zemlje, ali nema pomoći. Od neznatnoga svoga budžeta, koji dole iznosimo, Opservatorija plaća jedino pet svojih posmatrača (četvorica su đaci, a jedan je telegrafista) po 300 dinara godišnje. Sav se ostali posao, koji je i najglavniji, jer se tu sređuju i sračunavaju podaci o Beogradu i iz cele Srbije – vrši dobrovoljno ....

5. Održavanje – budžet Opservatorije.

Pored položaja centralnog mesta srpske meteorološke mreže posmatranja, Opservatorija je još i kabinet Velike škole za meteorologiju i astronomiju. Ona dakle nije samostalno nadleštvo, već mora da odgovori zahtevima astronomsko – meteorološkog kabineta Velike škole, da zadovolji uslov centralnog mesta meteoroloških ispitivanja u Srbiji, da održi u radu sadašnje meteorološke stacije i po potrebi otvori nove – Opservatoriji je za sve to određeno državnim budžetom kao sastavnom delu Velike škole samo 12.000 dinara. Prema toj sumi upravlja se i sama aktivnost Opservatorijinog rada. Ona je otprilike raspoređena na ove pozicije:

nabavka instrumenata	6.000 din.
obdržavanje Opservatorije i stacija	3.500 din.
petorici posmatrača	1.500 din.
za štamparske poslove	1.000 din.
	svega 12.000 din.

Kad se ovaj kredit uporedi sa kreditima pomenutih susednih država

koje daju svojim čisto meteorološkim zavodima onda se vidi da naša meteorološka, astronomska (i magnetska) Opservatorija stoji na poslednjem mestu. Videli smo da Rumunija daje godišnje 92.220 dinara, Bosna i Hercegovina 42.010 din, Bugarska do 60.100 dinara.

U to vreme je jedna stanica stajala prosečno državu godišnje: u Srbiji 62,5 dinara, u Rumuniji 309,9, u Bosni i Hercegovini 544,4, a u Bugarskoj čak 601,0 dinar.“

Možda je već ovde opravdano zapitati se zašto je Nedeljković, kao profesor Velike škole, ulagao toliko energije na uspostavljanju i podizanju meteorološke mreže Srbije, kada je to, može se reći, gotovo potpuno izlazilo iz okvira njegovih zaduženja na Velikoj školi. Da bi se na ovo odgovorilo, potrebno je podsetiti se prethodnih izlaganja u poglavljima koja se odnose na razvoj meteorologije u svetu. Rrazvoj, organizaciju i unapređenje meteorologije vršile su u to doba, u skoro svim zemljama, tzv. centralne opservatorije, koje su bile ili neposredno u sklopu univerziteta, ili su sa njima održavale najuže veze. Jedan od osnovnih zadataka ovih opservatorija bio je prikupljanje, sređivanje i obrada meteoroloških podataka, sa već uspostavljenih meteoroloških stanica u njihovim zemljama, u svrhu izučavanja vremena i klime. Gotovo sve okolne zemlje bile su već izgradile osnovnu meteorološku mrežu i stupile u međunarodne meteorološke asocijacije, u svrhu obavljanja neophodne razmene meteoroloških podataka. Srbija je, međutim, u odnosu na skoro sve okolne zemlje, bila u zakašnjenju za skoro čitavih 30 godina.

Jakšićeva meteorološka mreža, koju je bio uspostavio kao profesor Liceja, praktično je prestala da funkcioniše 1862. Na osnovu podataka te mreže bilo je nemoguće detaljnije proučavati klimu Srbije. U ovakvim uslovima, sasvim je razumljivo što se Nedeljković, kao najstručnije lice u zemlji, smatrao pozvanim da učini sve što je stajalo u njegovoj moći, kako bi u što kraćem vremenu izgradio meteorološku mrežu Srbije, i tako savladao raskorak koji je postojao između razvoja meteorologije u Srbiji i svim okolnim zemljama.

Ulažući ogromnu energiju u podizanje Opservatorije i meteorološke mreže, Nedeljković je želeo da što pre dođe do potrebnih meteoroloških podataka na osnovu kojih bi bilo moguće prikazati klimu Srbije, te tako da i sa svoje strane doprinese afirmaciji Srbije i njenom stupanju u red naprednih zemalja. Njegova zamisao je bila da već 1900. godine prikaže „Klimatologiju Srbije“ na dotle najvećem međunarodnom meteorološkom sastanku, koji je trebalo da se održi u Parizu, u isto vreme kada i poznata svetska izložba. Može se skoro sa punim pouzdanjem tvrditi da je glavni motiv koji je pokretao Nedeljkovića na tako samopregoran rad bila afirmacija Srbije na meteorološkom polju i skidanje onog uvreženog „terra incognita“ uz njeno ime. U kolikoj je meri Nedeljković bio zainteresovan da postigne uspeh u ovom poslu neka kao jedan primer posluži podatak da je do 1899. godine dao oko 9000 dinara svojih sredstava za održavanje započetih radova i osmatranja u Opservatoriji.

17.5.2. Nedeljkovićev rad na publikacijama

Pored obimnog posla koji je zahtevala organizacija i podizanje meteorološke mreže u zemlji, a koji je, kao što je bilo spomenuto, potpuno izlazio iz okvira redovnih profesorskih zaduženja, Nedeljković je pokazao neiscrpnu energiju i u pogledu pripremanja naučnih studija i sastavljanju udžbenika. Pored već objavljenih „Meteoroloških uputstava za srpske stacije“, 1888. godine, knjige od oko 300 stranica, i „Meteoroloških uputstava za stacije III reda i niže stacije“, objavljene 1895. Nedeljković je 9. decembra 1897. stavio ministru prosvete na raspolaganje za štampu veći broj dela i studija koje su po njegovoj zamisli trebale da uđu u „Meteorološku kolekciju“ meteoroloških priručnika. Zamišljenu „Meteorološku kolekciju“ trebalo je da sačinjavaju: 1. Posmatranje snežnog pokrivala, 2. Posmatranje oblaka i merenje visine oblaka sa atlasom, 3. Kišomerska uputstva, 4. posmatranje nepogodskih pojava, 5. Posmatranje grada, 6. Fenološka posmatranja, 7. Rečne stacije – uputstva za posmatranje stanja reka, 8. Dodaci Meteorološkim Uputstvima od 1888 – 1895. Merenje rose itd. Posmatranje temperature. Opredeljenje strana sveta, 9. Posmatranje slane, 10. Higrometrija psihrometarska sa tablicama, 11. Merenje temperature reka, bunara, izvora, – Posmatranje izdani (podzemne vode), 12. Optičke atmosferske pojave, 13. Automatički meteorološki instrumenti – obrada dijagrama njihovih, 14, Korekcije barometara i njihove redukcije sa tablicama, 15. Redukcija barometra na morski nivo sa tablicama, 16. Redukcija temperature i relativne vlažnosti na budi koji nivo sa tablicama, 17. Aneroidi – precizna barometrija, 18. Merenje visina – precizna barometrija, 19. Posmatranje atmosferskog elektriciteta, telurske struje (polarna svetlost), 20. Uputstvo za sastavljanje telegrama o meteorološkim posmatranjima (za sva posmatranja), 21, Harmonijska analiza. Interpretacija, Grafičke metode, 22. Uputstvo za obradu meteoroloških posmatranja zarad Klimatologije od K. Meyer-a (u slobodnom prevodu), 23. Opredeljenje elemenata zemnog magnetizma, 24. Aktinometrija, 25. Meteoriti i zvezde padalice, (letilice), – Uputstva za posmatranje, 26. Zemljotresi, – Uputstva za posmatranje, 27. Etaloni meteorološki, 28. Merenja, konstante, 29. Izmene i dopune Uputstava meteoroloških od 1888. i 1895. godine, 30.

Opredeljenje časa pomoću sunčanika.

Za potrebe nastave Nedeljković je bio pripremio za štampu: 1. Praktična Astronomija (sferna i praktična) za učenike Velike Škole, 2. Meteorologija od Bebera (Van Bebber: Lehrbuch der Meteorologie), prevod, 3. Priručnik Astronomije, njene istorije i literature od Volfa (R. Wolf: Handbuch der Astronomie, Ihrer Geschichte und Literatur) u dve knjige, prevod, 4. Teorijska Astronomija od Vatsona, prevod sa engleskog, 5. Teorijska meteorologija od Ferela, prevod s engleskog. Nedeljković je u rukopisu imao i svoj originalni udžbenik „Meteorologija" koji je stalno dopunjavao.

Od svih pomenutih radova, do marta 1904. godine, bili su objavljeni samo radovi iz prve navedene grupe pod brojem 1, 3, 4, 5, 9 i 30. Pored ovoga, o državnom trošku je bila objavljena i jedna Nedeljkovićeva studija o reformi kalendara: „Projét de reforme de Calendrier – présenté par Milan Nedelkovitch, Belgrade, 1900"; ova studija je u inostranim stručnim krugovima bila vrlo dobro primljena. Koliko je do sada poznato, Nedeljković je objavio i studiju: „Meteorologija i poljoprivreda" u "Poljoprivrednom glasniku", koja je zatim bila izdata i kao posebna monografija, 1907. godine; objavio je i jednu naučno – popularnu knjižicu „Svet i Halejeva Kometa", 1910. godine.

Godine 1897. Opservatorija je raspolagala već prilično dobrim i obimnim materijalom meteoroloških posmatranja. Nedeljković je nameravao da u toku 1898. pripremi deo ovog materijala za objavljivanje. To je trebalo da sačinjava prvi deo „Anala Opservatorije", u kome je trebalo da budu objavljeni „mesečni pregled rezultata Opservatorije i stacija". Za ovaj posao mu je bila neophodna pomoć bar jednog stručnog lica. Njegovo nastojanje da Opservatorija dobije, posle mnogih traženja, „bar jednog stalnog naučnog pomoćnika" uspela je toliko što je Ministarstvo prosvete dodelilo na rad, od 1896. dotadašnjeg dobrovoljnog honorarnog asistenta, Jelenka Mihailovića, profesora I beogradske gimnazije.

17.5.3. *Prvo penzionisanje Nedeljkovića*

Krajem 1897. Nedeljković je došao u politički sukob sa tadašnjim Ministrom prosvete Androm Đorđevićem, i kao starešina Filozofskog fakulteta, a i kao upravnik Opservatorije. Đorđević i Nedeljković su bili državni pitomci i oba su u isto vreme po povratku iz inostranstva dobili mesto na Velikoj školi. Bilo je dosta razloga za netrpeljivost, jer su svi govorili o diplomama Nedeljkovića, a Tomanija, za kojom su svi čeznuli, odabrala je Nedeljkovića a ne Đorđevića za muža. Kao ministar je govorio da će iskoristiti prvu zgodnu priliku i smeniti ga sa mesta upravnika Opservatorije. Svađa je kulminirala kada je Đorđević smanjio budžet Opservatoriji za 2000 dinara. Tada je nagovestio da ima boljeg kandidata za upravnika. Ministar je poslao komesara Glavne kontrole da proveri na šta se troše pare iz budžeta. Kasnije je Nedeljković zapisao u izveštaju Opservatorije za 1899 – 1903, da je komesar imao zadatak da pronađe razlog za njegovo uklanjanje jer "neko zadužen" nije više mogao čekati na "besplatan stan u Opservatoriji i lepu baštu".

Uvidevši da je nemoguće izdejstvovati bilo kakvo povećanje budžeta za Opservatoriju preko Ministarstva prosvete, Nedeljković se obratio za pomoć Ministarstvu poljoprivrede i voda, Ministarstvu unutrašnjih poslova i Poreskoj upravi. Povećanje budžeta Opservatorije bilo je neophodno, jer su se radovi oko sređivanja osmotrenih podataka bili znatno uvećali, a i izdržavanje i podizanje novih stanica zahtevalo je u nekoliko narednih godina znatne materijalne izdatke. Ova Nedeljkovićeva akcija je urodila plodom. Obećane su mu okružne i sreske pomoći. Ohrabren obećanom pomoći, Nedeljković se usredsredio na obradu i sređivanje materijala za „Anale Opservatorije". Bilo je predviđeno da oni budu predati za štampu u toku 1899. kako bi bili objavljeni do zakazanog međunarodnog meteorološkog sastanka u Parizu 1900. Izgledalo je da su bili ispunjeni svi uslovi da se petnaestogodišnji rad (1885 – 1899) na unapređenju meteorologije u Srbiji prikaže stručnim i naučnim krugovima izvan zemlje na relativno vrlo visokom nivou.

Međutim, stvari su, zbog političkih prilika krenule u suprotnom smeru. Naime, početkom leta 1899, sa dopuštenjem ministra prosvete, Nedeljković je otišao u Abaciju na lečenje. Posle „Ivanjdanskog atentata" na bivšeg kralja Milana Obrenovića, ministar Đorđević je 5. jula 1899. penzionisao Nedeljkovića (aktom je obavešten da je penzionisan „Kraljevim ukazom"). Na kralja je pucao i malo ga okrznuo Đura Knežević. Pala je sumnja na radikale da su imali udela u atentatu. Kako je Nedeljković bio radikal, Đorđević ga je optužio da se u Abaciji sastajao sa nevernicima, da je znao za atentat i da je učestvovao u njegovom pripremanju. Nedeljković je 5. jula 1899. penzionisan kao profesor Velike škole, a 26. oktobra iste godine razrešen dužnosti i upravnika Opservatorije. Za vršioca dužnosti upravnika Opservatorije postavljen je Đorđe M. Stanojević, profesor fizike na Velikoj školi i dekan fakulteta u to vreme. Istovremeno, on je, odobrenjem Filozofskog fakulteta, imao da „zastupa katedre Astronomije i Meteorologije".

Đorđe Stanojević je dobio naklonost kralja Aleksandra Obrenovića i ministra Đorđevića kada su prisustvovali puštanju u rad elektrane u Užicu. Nikada se ničim nije ni bavio ako nije imao materijalnu korist. Radio je sa-

mo na elektranama i hladnjačama po pivarama. Svakako je sasvim tačno da nije imao nikakvo znanje ni obrazovanje iz meteorologije. A kakav je u suštini bio čovek, najbolje pokazuje ono sto je za sebe govorio: „Ko god poznaje moj položaj u društvu, naročito od 1890. taj će znati da meni nije bilo potrebno da radim i da utičem, već samo da zaželim njegovo (Nedeljkovićevo) mesto, pa bih ga još onda mogao zauzeti da sam hteo“.

17.5.4. Najplodniji period Nedeljkovićevog rada

Ubrzo se uvidelo da je penzionisanje Milana Nedeljkovića bio pogrešan postupak. Posle godinu dana, Nedeljković je 11. septembra 1900. na predlog ministra prosvete, Pavla Marinkovića, kraljevim ukazom ponovo primljen u službu, preuzevši raniju dužnost profesora astronomije i meteorologije na Velikoj školi i upravnika Opservatorije.

Nedeljković je u ovome video zvaničnu potvrdu o svojoj ispravnosti i priznanje za svoj dotadašnji petnaestogodišnji rad. Zadovoljan razvojem događaja, dobio je podstrek za unapređenje meteorologije u Srbiji. Sa sigurnošću se može reći da je sedmogodišnje razdoblje od 1900. do 1906. bilo najplodnije u pogledu razvoja meteorologije u Srbiji, do Prvog svetskog rata. Ukazaće se samo na nekoliko važnijih momenata koji obeležavaju ovaj period.

Od 1900. Opservatorija je počela da dobija znatna novčana sredstva na ime sreskih i okružnih pomoći, koje su već pomenute. U toku 1902. i 1903. one su iznosille čak i više od godišnjeg budžeta Katedre. U toku tri sledeće godine (1904, 1905. i 1906) Nedeljković je izdejstvovao privremeno povećanje budžeta, što je trebalo da nadoknadi sredstva od pomoći, na koja se nije moglo računati posle 1904. Prema tome, Nedeljkoviću je u sedmogodišnjem periodu 1900 – 1906. stajalo na raspolaganju za potrebe Opservatorije i meteorološke mreže u Srbiji oko 18000 dinara godišnje. U odnosu na prethodne budžete ovo je bilo srazmerno vrlo veliko povećanje. Racionalnim korišćenjem sredstava postigao je značajna unapređenja meteorologije u Srbiji.

Nedeljković je odlično poznavao savremeno stanje meteorološke nauke. Znao se usmeriti prema osmatranjima i merenjima koja će doprineti rešavanju krupnih meteoroloških problema. Meteorološki rad u Opservatoriji bio je proširen specijalnim merenjima od početka 1902. godine. Bila su uvedena merenja temperature tla na sledećim dubinama: 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 i 90 cm, zatim na 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18,20, i 24 m.

Merene su takođe i temperature na samoj zemljinoj površini, pomoću termometara slobodno izloženih, i pokrivenih tankim slojem zemlje, a takođe i temperature tla na golom, zatravljenom i peskovitom zemljištu. Pokušalo se doći do podzemne vode, da bi se merila kolebanja njenog nivoa i temperature, ali se na dubini od 28 m isprečila stena pa je kopanje na tom mestu obustavljeno. Na drugom mestu bila je iskopana rupa duboka skoro 50 m, zaštićena specijalnim cevima radi sprečavanja odronjavanja zemlje, da bi se merile temperature zemlje na velikim dubinama i posmatralo kolebanje nivoa podzemne vode i njene temperature. Pored ovoga, vršena su merenja temperature vazduha na 40, 100 i 200 cm pomoću slobodno izloženih termometara. Merenja temperature vazduha u sloju do 2 metra, kao i sva merenja na raznim vrstama zemljišta i tla do dubine 60 cm, vršena su posle svakoga sata u toku dana. Temperature tla do dubine 3 m merene su u tri klimatološka termina, a na većim dubinama samo u 7 časova.

Krajem oktobra 1902. godine Opservatoriju je posetio de Konkoli, direktor Meteorološkog instituta u Pešti. U svom službenom referatu o ovoj poseti prikazao je vrlo iscrpno sve poslove koji se obavljaju u Opservatoriji, i svoj utisak koji je na njega ostavio Nedeljkovićev istraživački i naučni entuzijazam. Govorio je najpohvalnije o radu u Opservatoriji. Pored ostalog napisao je i ovo: „Naravno da za sve to nauka ima da zablagodari g. Milanu Nedeljkoviću, profesoru, i njegovom bezgraničnom oduševljenju, koji ne žali truda već ni novaca ... da bi mogao što ostvariti. Iz navedenog se može izvesti, šta se sve može učiniti vrednoćom, energijom i predanošću i pored neznatnih sredstava. Moje je potpuno uverenje, da g. Nedeljković ima samo jednog konkurenta na Istoku, u Bukureštu; ali ne smemo nikako zaboraviti na to, da naš rumunski kolega ima osam puta veći budžet od Beogradske opservatorije“.

Krajem 1903. godine završeno je podizanje seizmološkog zemnomagnetnog paviljona. U njemu su u drugoj polovini aprila 1904. postavljeni mikroseizmograf Vicenti – Konkolija sa vertikalnim i horizontalnim klatnom zasebno, i Lamonovi varijacioni zemnomagnetni instrumenti. Ove instrumente de Konkoli je ustupio Nedeljkoviću na neodređeno vreme, da bi se u Opservatoriji započelo sa seizmološkim i zemnomagnetnim merenjima. Tako je dosta pomogao da se ostvari još jedna Nedeljkovićeva zamisao o delatnosti Opservatorije.

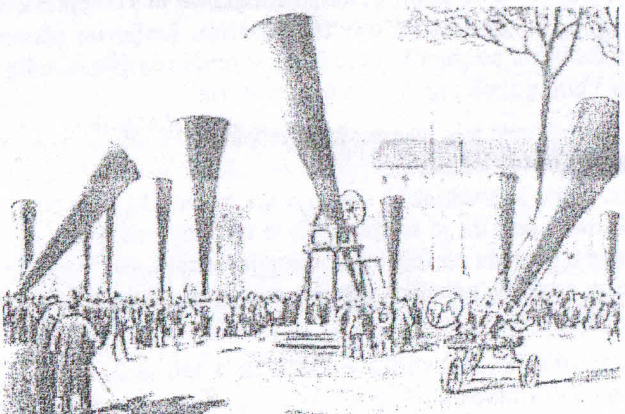
Pomenutim instrumentima započeta su po prvi put u Srbiji da se vrše instrumentalna geofizička merenja. Seizmograf je služio za merenje seizmičkih pojava. Stanje geomagnetskih elemenata: deklimacije, inklimacije i horizontalnog intenziteta posmatrano je u 7, 14 i 21 čas, a tri puta mesečno

osmatranja su vršena svakog časa preko celog dana. Na žalost, ovaj rad je bio nepotpun, jer zbog nedovoljnih sredstava Opservatorija nije mogla kasnije da nabavi „apsolutne instrumente kojima bi se s vremena na vreme određivale apsolutne vrednosti pomenutih geomagnetskih veličina i vršila redukcija posmatranja varijacionih elemenata".

„Anali Opservatorije" su zbog Nedeljkovićevog odlaska u penziju 1899. godine izašli u znatno manjem obimu od predviđenog, i to samo sa podacima Beograda za svega jednu godinu (1900). Shvatajući veliki značaj objavljivanja podataka osmatranja i merenja Nedeljković se neobično založio i na ovom poslu, i uspeo da već u toku 1902. godine izda prvu svesku „Mesečnog biltena sa godišnjim pregledom". Ovu publikaciju, izdatu na francuskom jeziku zbog razmene sa drugim opservatorijama i meteorološkim ustanovama u svetu, primili su sa velikim interesovanjem mnogi istaknuti meteorolozi toga doba. Preko 30 najpoznatijih meteoroloških stručnjaka Evrope i Amerike čestitalo je Nedeljkoviću na ovoj publikaciji. Na kakav je odziv naišao „Bulletin mensuel de l' Opservatoire Central de Belgrade" najbolje će se moći zaključiti iz sledećih citata. Direktor Meteorološke opservatorije u Parizu, T. Muro, pisao je „da mu izgleda vrlo dobro uređen i da je izvesno jedan od najdetaljnijih i najpotpunijih od sviju koji danas postoje". O ovoj publikaciji je referisano pred Meteorološkim društvom Francuske (predsednik A. Angot) pred Akademijom nauka u Parizu (direktor Centralnog meteorološkog instituta Francuske E. Masarat) i u mnogim drugim stručnim časopisima. Profesor Clivlend Abe, rukovodilac Weather Bureaua u Americi, i urednik poznatog časopisa Monthly Weather Review, objavio je tim povodom u ovome časopisu duži članak o meteorologiji u Srbiji, u kome je iscrpno prikazao celokupnu delatnost Opservatorije i teškoće koje mora da savladava njen upravnik. Direktor Velike pariske opservatorije M. Loevi koji je bio Nedeljkovićev profesor za astronomiju, čestitajući mu na uspehu postignutom u oblasti meteorologije, pisao mu je i sledeće: „Mimo svoje volje, sada sam pobuđen da Vam izjavim jednu svoju želju, a ta je, da Vašu veliku energiju vidim razvijenu i na jednom drugom naučnom polju, kojem sam ja, razumljivo je, naročito naklonjen. Vi ste bez sumnje razumeli da se to tiče Astronomije. Tu uzvišenu nauku mogu gajiti samo oni koji vladaju vrlo visokim znanjem i vanredno velikom radnom sposobnošću. Videvši Vas na delu u Pariskoj opservatoriji, meni se čini da ste Vi Vašim intelektualnim sposobnostima i Vašom kompentencijom bili naročito sposobni da inaugurišete i razvijete astronomsku nauku u Vašoj zemlji".

Nedeljković je u ovom periodu najvećih aktivnosti razvijao i najsavremeniju oblast meteorologije, modifikaciju vremena. Seljaci su u to doba i u Srbiji, kao i u drugim zemljama, uporebljavali puške da bi se odbranili od

gradonosnih oblaka. U Srbiji je pucanje savremenim topovima na oblake koji su donosili grad počelo 1900. (sl. 17.11). Ova pucanja nisu vršena šire, osim u kraljevom vinogradu u Smederevu. Inicijativu u tom poslu su imali Srpsko poljoprivredno društvo i Ministarstvo narodne privrede. Da bi pucanje bilo sprovođeno po tada najboljim naučnim metodama, ministar Narodne privrede početkom 1902. ovlastio je upravnika Opservatorije Nedeljkovića da upravlja odbranom protiv grada u Smederevskim vinogradima. Nedeljković je predložio da se odbrana sprovodi kao ona u Fejstricu, sa kojom se upoznao prilikom posete 1901. On je tražio da se sve instrukcije i naredbe propišu i da se po njima sprovodi odbrana. Na taj način bi nauka mogla dobiti tačna iskustva i doneti zaključke o efikasnosti odbrane.



Sl. 17.11. Protivgradni topovi sa početka XX veka.

Nedeljković je u julu 1902. u Gracu prisustvovao prvoj stručnoj Konferenciji za odbranu od grada. Na Konferenciji je podneo referat, a naučni rad o tome je štampao u Beču. Ovde treba napomenuti da se i pre pominjani Stanojević zanimao odbranom od grada. O tome je objavio i rad u Francuskoj akademiji nauka 1901. Radi se o elektro – akustičnom metodu odbrane od grada, sl. 17.12.

Opservatorija je počela krajem 1902. da izdaje „opštu prognozu vremena" — neku vrstu današnjeg meteorološkog izveštaja, sl. 17.13. Prognoze su izdavane od 1902 – 1907. i redovno štampane u „Srpskim novinama". One su sastavljane na osnovu telegrafskih depeša sa 43 meteorološke stanice iz okolnih zemalja i 7 stanica iz Srbije.

INSTITUT DE PHYSIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BELGRADE.

MÉTHODE ÉLECTRO-SONORE

POUR COMBATTRE LA GRÊLE;

PAR

M. G.-M. STANOIÉWITCH,

Professeur à la Faculté des Sciences de Belgrade.

Communication faite à l'Académie des Sciences de Paris, le 12 août 1901.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1901

Sl. 17.12. Naslovna strana Stanojevićevog rada o odbrani od grada.

Broj meteoroloških i kišomernih stanica u Srbiji dostigao je maksimum 1903. godine. Te godine je trenutno radilo u Srbiji 213 stanica, od kojih 151 kišomerna, što predstavlja maksimalan broj za čitavo razdoblje 1888 – 1918. Prosečan broj stanica iznosio je u ovom periodu oko 80, i to 30 meteoroloških i 50 kišomernih, sa priličnim kolebanjem od godine do godine.

Mogućnosti zapošljavanja stručnog kadra u Opservatoriji bile su više nego minimalne, jer nisu odobravana radna mesta. Među svršenim đacima Velike škole, a zatim od 1905. i Univerziteta, postojalo je interesovanje da rade u Opservatoriji, jer je meteorologija bila nauka u razvoju.

Posle mnogih zalaganja Milan Nedeljković je uspeo da tek početkom 1898. dobije jednog stalnog saradnika u zvanju asistenta Velike škole i

Opservatorije. To je bio Jelenko Mihailović, koji je radio već od 1894. godine, prvo povremeno, a zatim stalno honorarno u Opservatoriji kao profesor gimnazije. Neposredno pred postavljanje za stalnog asistenta, bio je dodeljen na stalni rad u Opservatoriju. Jelenko Mihailović je sve do 1903. godine radio na raznim meteorološkim poslovima Opservatorije, a kad su krajem 1902. godine započeta geomagnetska merenja, on je preuzeo rukovođenje ovim sektorom delatnosti Opservatorije. J. Mhailović ostao je u zvanju asistenta Opservatorije i Velike škole sve do 26. januara 1906, kad je prešao u novoosnovani Seizmološki zavod na Tašmajdanu.

Od početka 1906. do juna 1914. godine, kao honorarni asistent u oblasti prognoze vremena, u Opservatoriji je radio Dragiša Marjanović, profesor Treće beogradske gimnazije. Marjanović je ovu oblast meteorologije usavršio, samoinicijativno i o svome trošku, u odeljenjima prognoze vremena Bečkog i Peštanskog meteorološkog instituta. U ovim institutima proveo je skoro pola godine. Marjanović je skoro svakodnevno davao prognoze vremena za potrebe dvora, a one su često i objavljivane u dnevnim listovima. Napisao je, koliko je do sada poznato, brošuru „Poslednja reč u nauci o prognozi vremena".

Svi ostali službenici koji su radili u Opservatoriji dodeljivani su na rad iz drugih ustanova ili su upošljavani honorarno – odnosno kao „dijurnisti". Broj osoblja u Opservatoriji menjao se u zavisnosti od budžeta. Najviše je na Opservatoriji radilo 16 lica, 1903. godine, i to: 9 kalkulatora, 4 meteorološka osmatrača, 1 telegrafista, 1 asistent, i 1 upravnik. Nedeljković je, kao profesor Velike škole i Univerziteta, vršio dužnost upravnika Opservatorije besplatno, izuzimajući besplatan stan u Opservatoriji, jer je to zahtevala priroda samog posla na Opservatoriji.

Nedeljković je uspevao da obavi mnogobrojna merenja i posmatranja u Opservatoriji zahvaljujući predanom radu njegovih „đaka – posmatrača". To su uglavnom bili đaci i studenti Velike škole i Univerziteta, koji su pod njegovim neposrednim rukovođenjem i uz njegovu pomoć, jer je i on sam vršio sva merenja i osmatranja u pojedinim terminima, obavljali vrlo dobro i savesno redovna satna merenja i osmatranja. Za njih je bila podignuta posebna zgrada za stanovanje u krugu Opservatorije, te su tako mogli u svako doba dana i noći da vrše osmatranja bez nekih većih poteškoća. Obično je bilo četiri „đaka – posmatrača" i jedan stariji osmatrač, po pravilu, najboljih između njh. Za ovu službu u Opservatoriji Nedeljković im je obezbeđivao srazmerno visoki mesečni honorar, od 40 do 60 dinara i besplatan stan, te im tako posredno omogućavao da sa uspehom i na vreme završavaju školovanje.

ИЗВЕШТАЈ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

11–12. јан. 1903.

Прогноза времена. — Хладно време; местимично снегом.

ИЗВЕШТАЈ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

4. септембра 1903.

Прогноза времена. — Топло време, местимично слаба киша и грмљавина.

ИЗВЕШТАЈ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

2. новембар 1903.

Прогноза времена. — Облачно, хладно време, са местимичним падежима.

Sl. 17.13. Prognoza vremena iz Izveštaja Opservatorije za 1903. godine. Izveštaji su objavljivani u „Srpskim novinama" u periodu od 1902 – 1907.

Opservatotija Velike škole osnovana je kao sastavni deo Katedre za astronomiju i meteorologiju i zbog toga je administrativno predstavljala samo jednu od ustanova Filozofskog fakulteta, čije su delatnosti bile skoro isključivo usmerene ka nastavi, i eventualno individualnom naučno – istraživačkom radu pojedinih članova katedre. Međutim, zadatak i program rada Opservatorije u velikoj meri izlazio je iz okvira jedne čisto nastavne ustanove odnosno, iz okvira Velike škole. Zamišljena kao velika meteorološka opservatorija i kao centrala meteorološke mreže Srbije, Opservatorija je služila potrebama i drugih ustanova u zemlji. Zbog toga je Nedeljković njeno osnivanje u okviru Velike škole smatrao samo prvim korakom u njenom razvoju. Osnovna njegova zamisao o administrativnim vezama Opservatorije sa drugim državnim ustanovama, bila je da bi Opservatorija trebalo da bude potpuno samostalna ustanova, sa svojim posebnim budžetom, u okviru Ministarstva prosvete. U ovom smislu, Nedeljković je još 19. oktobra 1890. dakle, pre nego što je bila završena i zgrada za stalnu Opservatoriju, podneo ministru prosvete predlog kojim je Opservatorija trebalo da bude „zakonski obezbeđena". Šteta je što ovaj Nedeljkovićev predlog nije usvojen još u prvim godinama postojanja Opservatorije, jer bi time bili otklonjeni mnogi nesporazumi do kojih je dolazilo zbog relativno velikog budžeta Opservatorije, koji je iz godine u godinu morao da snosi Filozofski fakultet, a čiji veći deo nije odlazio za potrebe nastave. Time bi bile izbegnute i mnoge neprijatnosti koje je doživljavao Nedeljković zalažući se za što uspešnije unapređenje meteorologije u Srbiji.

17.5.5. Predlog zakona o Opservatoriji

Novčana sredstva koja je mogao da odvoji Filozofski fakultet za Opservatoriju bivala su relativno sve manja i manja, jer su se poslovi u Opservatoriji iz godine u godinu sve vise povećavali. U toku prvih deset godina postojanja Opservatorije (1887 – 1897) u Srbiji je uspostavljen srazmerno znatan broj meteoroloških stanica, a i u Opservatoriji su bila uvedena mnoga meteorološka merenja i posmatranja, tako da je prvobitno određen godišnji budžet od 10.000 dinara postajao sve nedovoljniji za održavanje Opservatorije, njeno funkcionisanjie kao centrale meteoroloških stanica i dalje razvijanje njenih delatnosti na drugim poljima kao naučne ustanove. Kao što je već bilo spomenuto, Nedeljković je već 1898. godine morao da traži dopunska sredstva od drugih ministarstava i državnih ustanova da bi održao započeti rad u Opservatoriji. Ona su u periodu 1900 – 1906. iznosila gotovo isto koliki je bio i redovan budžet Katedre i Opservatorije. Poslovi Opservatorije su naročito u prvim godinama ovog plodnog perioda velikim delom izašli iz okvira visokoškolske nastave te je bilo očigledno da su sazreli uslovi za osamostaljenjem Opservatorije,

Zalaganje Nedeljkovića da se Opservatorija osamostali postalo je naročito uporno posle 1904. kada su naglo počele da se gase okružne i sreske pomoći. On traži 25. septembra 1904. od tadašnjeg ministra prosvete, Ljube Davidovića, da se donese zakon o Srpskoj opservatoriji. Dobivši njegovu načelnu saglasnost, on je već 11. novembra iste godine podneo gotov projekat za zakon o Opservatoriji. Projekat je trebalo da bude podnet Narodnoj skupštini na odobrenje u vanrednom sazivu maja 1905. Zbog političkih događaja u Srbiji 1905, odloženo je donošenje ovoga zakona. Sam zakon je bio srazmerno vrlo kratak. Imao je svega 10 članova, ali je sadržavao sve što je bilo potrebno u pogledu organizacije i delatnosti Centralne opservatorije. Čitajući ga danas, jasno je da ga je sastavio onaj ko je imao potpuno raščišćene koncepcije zadataka i uloge meteorologije, astronomije, geofizike (u užem smi-

slu) i hidrologije, kako za potrebe zemlje, tako i za potrebe nastave i nauke. Koliko su Nedeljkovićeva shvatanja bila ispravna može se suditi po tome što je tek posle punih 40 godina došlo do osnivanja samostalne meteorološke i hidrološke službe u našoj zemlji, 1947. godine, čiji se glavni principi organizacije i poslova ni u čemu ne razlikuju od onih koje je Nedeljković napisao.

Nedeljković je i posle neuspelog pokušaja iz 1905. aktivno radio na donošenju zakona. Januara 1909. on je uspeo da predlog ovog zakona bude povoljno primljen „i u načelu i u pojedinostima", kako u Narodnoj skupštini, tako i u Državnom savetu. Ipak, definitivno izglasavanje zakona o Centralnoj srpskoj opservatoriji nije izvršeno, jer je redovni saziv Skupštine zaključen pre iznošenja ovog zakonskog projekta na rešavanje. Sigurno je da bi docnija organizacija i razvoj meteorologije, astronomije i užih geofizičkih disciplina bio plodonosniji, da su Nedeljkovićeva nastojanja u ovom pogledu bila sa više interosovanja prihvaćena i pozitivno okončana.

Posle 1906. godine došlo je do naglog smanjenja broja meteoroloških stanica u Srbiji, a i do redukcije znatnog broja merenja i osmatranja u samoj Opservatoriji. Osnovni uzrok bio je mali budžet kojim je raspolagala Opservatorija. Prosečan broj stanica u periodu 1907 – 1914. godina, iznosio je oko 50, od kojih je 30 bilo kišomernih, a dvadeset meteoroloških stanica. Stalni premeštaji službenika, najvećim delom učitelja, koji su vršili osmatranja, negativno su uticali na homogenost osmatranja u pojedinim mestima. Na preko 50 stanica III i IV reda, koje su radile svega dve do pet godina, morao je biti prekinut rad iz pomenutog razloga. Za vreme Balkanskih ratova 1912/13. godine, samo tri mesta imala su potpuna osmatranja, dok je u svim ostalim nedostajao po neki mesec. Osmatranja u Opservatoriji nisu bila prekinuta za vreme Balkanskih ratova. Geofizička instrumentalna merenja vršena su sve do polovine 1910. mada u nešto manjem obimu, nego kada su bila započeta. I ona su zbog nedovoljnih kredita morala biti obustavljena. Instrumente je Nedeljković vratio iste godine Konkoliju u Mađarsku. Takođe je i broj kalkulatora i revizora morao biti drastično smanjen. Već 1907. godine radilo je svega 3 kalkulatora; 1909. godine u Opservatoriji je radilo još svega sedam lica: upravnik, honorarni asistent, 1 posmatrač i 4 „đaka – posmatrača", dakle manje od polovine onog broja iz 1903. godine.

17.5.6. Očuvanje reprezentativnosti merenja

Iz Nedeljkovićevih javnih izveštaja o radu Opservatorije, koje je redovno objavljivao, vidi se da je morao da uloži mnogo energije i za opstanak same Opservatorije. Ne samo što je morao da savlada objektivne teškoće, već je morao da izdrži i pravu borbu sa ljudima koji nisu imali nimalo razumevanja za poslove u Opservatoriji. „Već od prvih dana postojanja Opservatorije, na zemljištu koje joj je Beogradska opština stavila na raspoloženje, i o kome dotle niko nije vodio računa, Nedeljković je imao da vodi neprekidnu borbu za očuvanje najneophodnijih uslova za samu egzistenciju Opservatorije. Razvitak Opservatorije, u suštini meteorološke opservatorije, jer je ona praktično samo kao takva radila, ima u tom pogledu potpuno suprotnu istoriju od one koje su ovakve ustanove imale u inostranstvu. Tamo su prvobitno dodeljena zemljišta tokom vremena bila proširivana novim parcelama – radi obezbeđenja potrebnog slobodnog prostora u blokovima zgrada koji su se razvijali – da bi se sačuvao potreban kontinuitet u nizovima merenja i osmatranja, dok je Beogradskoj opservatoriji oduziman jedan po jedan deo prvobitno dodeljenog zemljišta". Opservatoriji je prvo bio oduzet jedan deo zemljišta – parka radi neke proizvoljne regulacije ulice. Zatim su na jednom delu zemljišta izgrađena teniska igrališta, neposredno pred Prvi svetski rat. Posle rata, Opservatoriji je definitivno oduzeta 1/3 celokupnog zemljišta na zapadnoj strani, radi podizanja tadašnje Sokolske Matice (kasniji DIF) sa svim potrebnim spoljnim terenima. Pred Drugi svetski rat, tadašnji upravnik Opservatorije i profesor univerziteta dr Pavle Vujević, vodio je upornu borbu da sačuva preostali deo zemljišta, ali je ipak odlukom univerzitetskih vlasti jedan veliki deo zapadnog zemljišta dodeljen Medicinskom fakultetu radi podizanja dečje univerzitetske klinike. Čak i posle Drugog svetskog rata postojali su planovi da se i na ono malo preostalog zemljišta oko Opservatorije izgrade medicinske zgrade. Urbanističkim planom Beograda to je otklonjeno i podignut je javni park.

Od svoga postavljanja za nastavnika Velike škole 1885. pa do Prvog svetskog rata, Nedeljković je držao dva posebna kursa: iz meteorologije i iz astronomije. Meteorologija je bila pomoćni, a ne stručni predmet za studente Filozofskog i Tehničkog fakulteta. Slušali su je studenti „filozofi" III i IV godine prirodno – matematičkog odseka, i studenti tehničari III godine. Meteorologija se predavala sa po dva časa nedeljno u toka dva semestra, i sa istim tolikim brojem časova vežbanja. U zimskom semestru Nedeljković je izlagao gradivo iz opšte meteorologije, a u letnjem iz teorijske meteorologije. Vežbanja su se sastojala iz „meteorološke prakse" i bila su izvođena najvećim delom u Opservatoriji. Nedeljković je naročito vodio računa o vežba-

ma kako bi svršeni studenti odlaskom u gimnazije mogli uspešno da preuzmu na sebe rukovođenje meteorološkim stanicama. Iz astronomije, sferne i praktične, Nedeljković je držao po 4 časa predavanja i vežbanja u toku dva semestra. Broj studenata koji su slušali i polagali meteorologiju, kretao se obično oko pet. Međutim, bilo je ponekad i semestara kada je broj prijavljenih učenika i studenata za ovaj predmet iznosio samo jedan ili dva, ili ih uopšte nije bilo, tako da čak ni predavanja nisu održavana.

17.5.7. Dolazak Pavla Vujevića

Značajan događaj u razvoju meteorologije u Srbiji bio je izbor dr Pavla Vujevića, marta 1907, prvo za privremenog, a od 1910. za stalnog docenta za klimatologiju i meteorologiju na Filozofskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Njegov zadatak je bio da predavanjima iz klimatologije i fizičke geografije proširi i u znatnoj meri upotpuni nastavni plan i program za studente geografije.



Pavle Vujević (1881 – 1966)

Rođen je 22. VIII 1881. u Rumi. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Novom Sadu. Diplomirao je 1904. godine na Bečkom univerzitetu, i te iste godine stekao titulu doktora nauka, odbranivši tezu „Die Theis“ kod poznatih naučnika Alfreda Penka i Julijusa Hana. Po položenom doktoratu otišao je u Berlin da na tamošnjem univerzitetu i u Meteorološkoj opservatoriji u Podzdamu upotpuni svoja znanja iz meteorologije i klimatologije kod čuvenih nemačkih meteorologa Becolda i Helmana. Slično nekolicini vojvođanskih Srba, Vujević je, kao i Milutin Milanković, osećao moralnu obavezu da svoje snage stavi u službu domovine, kojoj je, u doba njenog naglog razvoja, nedostajalo učenih ljudi. Preporučen od svoga profesora Alfreda Penka, Vujević je došao u Beograd na poziv Jovana Cvijića, da bi mu pomogao u izgrađivanju Katedre za geografiju.

Za docenta je izabran 1907. vanrednog profesora 1919. i redovnog profesora 1921. Postao je dopisni član Srpske akademije nauka i umetnosti 30. marta 1950. a redovni 30. januara 1958. Pored mnogih drugih zaduženja bio je predsednik Nacionalne komisije za međunarodnu geofozičku godinu, upravnik Meteorološke opservatorije, Direktor Geografskog instituta Jovan Cvijić i član predsedništva Srpske akademije nauka. Nosilac je Albanske spomenice. Napisao je oko 150 naučnih radova i nekoliko udžbenika, od kojih su za meteorologe najvažniji Meteorologija i Klimatološka statistika.

Kao predavač bio je tih, spor i pomalo dosadan. Stalno je pred sobom imao neke tabele sa meteorološkim podacima. Svaki broj je prepisivao dva puta da bude siguran da nije pogrešio. Držao je predavanja studentima meteorologije gotovo iz svih predmeta, pa i teorijske, dinamičke meteorologije. Njegovi studenti, kasnije istaknuti naučnici, su autoru ove knjige govorili: „Dinamičku meteorologiju je predavao tako što bi tumačio tabele u kojima su umesto podataka o temperaturi, pritisku, itd. bili podaci o vetru, kao obeležju kretanja vazduha“.

U Vesniku Univerziteta u Beogradu od 13. aprila 1955. u spisku 15 profesora Univerziteta koji su zbog godina života penzionisani, nalazi se i ime Pavla Vujevića. Umro je u Beogradu 1966.

Po dolasku u Beograd, Vujević je neobično predano započeo sa naučnim radom. Već je detaljno opisano da su u Opservatoriji od 1901. godine bila uspostavljena i ostvarena mnoga dragocena merenja i osmatranja. Obradom i teorijskom analizom ovih Nedeljkovićevih merenja, Vujević je znalački, u nekoliko svojih zapaženih radova, dao prikaz i objašnjenje nekih nepoznatih mikroklimatskih pojava. Danas je moguće oceniti koliko je bila plodna ova naučnoistraživačka sprega Nedeljkovića i Vujevića. Može se slobodno reći, da nije bilo Nedeljkovićevih merenja temperature tla i mikroklimatskog sloja vazduha, i njegove spremnosti da materijal o ovim merenjima pruži bez ikakve rezerve, štaviše sa punim zadovoljstvom, „mladome Vujeviću da bi se ovaj utvrdio za stalnog docenta Univerziteta“, posve je sigurno da ne bi došlo do Vujevićevih radova iz mikroklimatologije. S druge strane, da nije došlo do Vujevićevog doprinosa i njegovog udela u vidu uspešne analize rezultata merenja, prilog Beogradske opservatorije mikroklimatologiji ostao bi nezapažen u svetu, i pored Nedeljkovićevih izvrsnih instrumentalnih merenja mikroklimatskog sloja vazduha i tla, jer je na ovom polju počelo intenzivno da se radi i u drugim stranim opservatorijama.

Vujevićevi radovi su citirani u većem broju udžbenika i monografija o mikroklimi. Zbog toga je potrebno da budu pomenuti: *Temperature tla u Beogradu*, objavljeno u Glasu Srpske akademije nauka 1909. i u Izvodu, u časopisu Meteorologische Zeitschrift za 1911; *Die Temperaturver-haltnisse der untersten Luftschichten* – objavljeno 1909. u Izveštajima Bečke akademije nauka; *Die Temperaturen verschidenartiger Bodenoberflachen* –

objavljeno u Meteorologische Zeitschrift 1912, i *Ueber die Beschaffenheit der taglichen Temperturkurve* – objavljeno 1914. u Izveštajima Bečke akademije nauka".

U periodu 1907 – 1914. Vujević je držao predavanja iz velikog broja predmeta. Tako, u toku prve tri školske godine (1907/8. 1908/9. i 1909/10) držao je sledeće kurseve: Opšta klimatologija (tri časa predavanja nedeljno), Kruženje vode u prirodi (3), Dinamička meteorologija (1), Vreme i prognoza vremena (3), Klima Balkanskog poluostrva (2). Od školske godine 1910/11, kada je bio izabran za stalnog docenta za klimatologiju, Vujević je držao još i ove kurseve: Osnovi matematičke geografije (3) i Klima i čovek (2). Pored ovoga, Vujević je imao još i po dva časa vežbanja koja su se sastojala iz obrade i analize klimatoloških podataka (svakog semestra), i pored Cvijića aktivno je učestvovao svake nedelje na geografskim seminarima.

Sve meteorološke stanice u Srbiji prestale su sa radom u julu 1914. zbog početka rata sa Austrijom. Jedino je u Kragujevcu radila stanica neprekidno, za vreme celog Prvog rata. Njom je rukovodio Mihajlo Ilić, direktor gimnazije u penziji. U Opservatoriji su merenja i osmatranja vršena samo u tri klimatološka termina (7, 14 i 21 čas po lokalnom vremenu), i njih je do septembra 1915. vršio, uglavnom neprekidno, sam Nedeljković. Neposredno pred ulazak Austrijske vojske u Beograd, on se povukao sa našom vojskom prema Skadru i već decembra 1915. pristupio „izradi novih šifara za potrebe naše vojske". Oktobra 1917. Nedeljković je sa ministrom Vojske prešao na Krf i tu ostao do svršetka rata. Pavle Vujević je aktivni učesnik u Balkanskom ratu od 1912. i u Prvom svetskom ratu. Posle povlačenja sa Srpskom vojskom preko Albanije, bio je do jula 1917. u Grčkoj, a zatim u Engleskoj do kraja rata.

Za vreme Prvog svetskog rata reorganizaciju meteorološke mreže u Srbiji izvršio je Victor Conrad, poznati meteorolog i profesor Bečkog univerziteta. On je to uradio kao šef austrijskih meteoroloških stanica na Balkanskom poluostrvu. Tako reorganizovana je funkcionisala do početka septembra 1918. U Beogradu su osmatranja počela već oktobra 1915. godine, prvo u pokretnoj vojnoj stanici, a od februara 1916. godine u Opservatoriji. Polovinom 1917. godine u Srbiji su radile meteorološke stanice u sledećim mestima: Užice, Šabac, Loznica, Valjevo, Palanka, Jagodina, Gornji Milanovac i Kruševac.

Obrađene meteorološke podatke Srbije Conrad je našao u Opservatoriji. Na osnovu toga napisao je Prvu klimatografiju Srbije, koju je objavila Bečka akademija nauka u svojim Izveštajima.

Austrijska vojska je prilikom povlačenja iz Srbije odnela ili uništila sve meteorološke i astronomske instrumente kojim je raspolagala Opservatorija. Takođe su bili uništeni i svi instrumenti po meteorološkim stanicama u zemlji. Jedino su arhiva i biblioteka Opservatorije bile relativno vrlo malo oštećene u toku rata.

17.5.8. Značajni naučni doprinos meteorologiji Milutina Milankovića

Ovde će se govoriti o čoveku koji nikada nije radio ni u jednoj fakultetskoj ustanovi koja se bavila obrazovanjem i istraživanjima iz meteorologije, bez obzira kako se zvala, niti u stručnoj meteorološkoj službi, Zavodu. Uprkos toj, naizgled nepovezanosti sa meteorologijom, njegovo ime i delo zaslužuju da se upišu zlatnim slovima u istoriju srpske meteorologije. Radi se o Milutinu Milankoviću (1879 – 1958) i njegovom kolosalnom naučnom delu.

Pošto nije radio u razvoju meteoroloških ustanova teško je odrediti u koje vremensko razdoblje smestiti priču o njemu. Ipak, čini se da je najpravilnije smestiti je ovde, pošto se početak njegovog rada na teoriji osunčavanja i time uslovljenoj promeni klime, podudara za periodom oko Prvog svetskog rata.

Milutin Milanković
(1879 – 1958)



Rodio se u Dalju, Slavonija (tada pripadalo Austro-Ugarskoj) 28. V 1879. Preci su mu u Velikoj seobi Srba doselјeni sa Kosova. U njegovoj porodici bilo je uglednih sveštenika, državnih činovnika, trgovaca, ali i značajnih stvaralaca. Njegov deda Uroš Milanković (1800 – 1849) bio je filozof prirode, a otac, koji je umro kada je Milanković imao sedam godina, bio je veoma imućni trgovac i zemljoposednik. Milanković je bio najstariji od šestoro dece (četiri brata i dve sestre). U porodici je sa guvernantom stekao dobro osnovno obrazovanje na srpskom a druga guvernanta ga je podučavala nemački jezik.

Sa navršenih 10 godina prelazi u Osijek i upisuje realnu gimnaziju. Uz sasvim malo učenja odmah se pokazao kao najbolji đak. U višim razredima je dobio novog razrednog starešinu, mladog doktora matematike, Srbina Vladimira Varićaka (1865 – 1942), koji je kasnije postao poznati profesor i naučnik na Zagrebačkom univerzitetu. Varićak je na Milankovića ostavio najjači uticaj. Naučio ga je kako uz knjige da pouzdano razvija svoje sposobnosti. Sa 17 godina je završio realku. Kao najstariji sin bio je određen da preuzme brigu o porodičnom poljoprivrednom dobru, Pošto je zavoleo nauku dogovorio se da mlađi brat Ljubiša vodi imanje a on da nastavi školovanje u Beču. Ali za upis na Bečki univerzitet, prema ondašnjim zakonima, trebalo je znati latinski i grčki jezik. Ubedilu su ga da ne gubi godinu učeći jezike već da upiše građevinu na Tehničkoj visokoj školi u Beču.

Pri završetku studija u Beču, austrijske visoke tehničke škole su dobile pravo da dodeljuju doktorske titule. Milanković je odlučio da ostane još godinu dana u Beču radeći na doktoratu. Tada je trebalo za tehnički doktorat odbraniti samostalni naučni rad. Njegovu tezu „Theorie der Druckkurven", odbranio je 3. decembra 1904. Kao prvi Srbin promovisan je za doktora tehničkih nauka 18. decembra 1904.

Kao građevinski inženjer radio je u Beču u preduzeću za betonsku gradnju. U to vreme je primena armiranog betona u građevinarstvu dobila svoj polet. Milanković se istakao u tom poslu i često je putovao kao inspektor radova koje je njegovo preduzeće izvodilo. Takvo jedno putovanje ga je dovelo u Beograd, gde je njegovo preduzeće izvodilo glavni savski kolektor kanalizacije. Prošao je jednom pored zgrade Beogradskog univerziteta i ugledao na tabli napisane Katedre Filozofskog fakulteta. Ispod Katedre „Primenjene matematike" bili su ispisani predmeti koje obuhvata: racionalna mehanika, teorijska fizika i nebeska mehanika. To ga je očaralo, jer to je ono što je njega upravo interesovalo.

Njegova želja da pređe na Beogradski univerzitet i postane profesor pomenutih predmeta, ostvarila se 1. oktobra 1909. Na predlog Mihaila Petrovića i Jovana Cvijića prihvatio je katedru primenjene matematike. To je za njega bila velika čast, povezana sa ogromnom materijalnom žrtvom. U novoj sredini okreće se samo nauci i počinje rad na teoriji promene klime pod uticajem astronomskih faktora. Već 1912. objavljuje rad „Prilog teoriji matematske klime" u Glasu Srpske kraljevske akademije. Kasnije je dopunjavao teoriju, ali se nije trudio da publikuje mnogobrojne radove. Međutim, to što je objavio o teoriji klime nadživelo je Milankovića i, pokazalo se, živeće još dugo, jer predstavlja fundamentalni doprinos teoriji promene klime. Što vreme odmiče od stvaranja tog dela, ono postaje sve aktuelnije. Danas se

može reći da je to sigurno najveći doprinos svetskoj nauci koji je dao neki srpski naučnik. Milutin Milanković je umro u Beogradu 12. decembra 1958. u 80. godini. Sahranjen je u Beogradu, a 1966. po ličnoj želji prenesen je u Dalj, u porodičnu grobnicu na srpskom pravoslavnom groblju.

Njegov rad obuhvata više naučnih oblasti, a pre svega: matematiku, mehaniku, astronomiju, meteorologiju i geofiziku. Zbog toga se o njemu govori kada se prikazuje istorija bilo koje od pomenutih nauka. Iz toga razloga ovde će se navesti samo neki elementi njegovog rada koji se tiču meteorologije. Po tome je još i danas uglavnom jedino i aktuelan u svetu nauke.

Po dolasku na Beogradski univerzitet Milanković je pažljivo tražio oblast nauke čime bi se dalje bavio. Razgovarao je sa Pavlem Vujevićem, sa kojim se viđao u Beču za vreme studija (iste godine su i doktorirali u Beču), o problemima meteorologije, sa Jovanom Cvijićem i drugim. On je o svojim utiscima iz tih razgovora napisao u knjizi „Kroz vasionu i vekove" sledeće: „Oni koji se bave zemljinom klimom, meteorolozi, ne brinu se za klime ostalih planeta. A što se tiče same zemljine klime, tu su oni čisti empiričari koji ne mare za komplikovane teorije, niti bi znali da ih primene. Oni ne misle ulaziti u crkvu kroz toranj. Našto udarati putem preko Sunca da bismo doznali šta se na Zemlji dešava, kada na njoj samoj imamo nekoliko hiljada meteoroloških stanica koje nas tačno obaveštavaju o svim prilikama temperature na Zemlji, tačnije nego što bi to mogla učiniti najsavršenija teorija. Naš veliki geograf (Cvijić) začudio se kada sam mu pričao o svojoj nameri da računom dokučim temperature slojeva zemljine atmosfere".

Milanković je razumeo da još niko nije ozbiljno pokušao da dođe do matematičke teorije klime zbog činjenice da to zahteva da se reši čitav niz komplikovanih problema iz raznovrsnih oblasti egzaktnih nauka. Upravo to je postavio sebi kao cilj, da nađe celovitu matematičku teoriju koja povezuje termički režim planeta sa njihovim kretanjem oko Sunca.

Količina Sunčeve energije koju primi jedinica površine na gornjoj granici atmosfere zavisi od rastojanja Zemlje od Sunca (tj. od oblika i veličine putanje Zemlje) i od ugla pod kojim zraci padaju na jedinicu površine (tj. od nagiba ose rotacije Zemlje i geografske širine). Pod uticajem ostalih planeta, parametri kretanja Zemlje tokom vremena se sporo menjaju. Time se menja insolacija, osunčavanje, tj. zagrevanje Zemlje. To je Milanković uzeo u obzir kroz tri doprinosa.

Prvi doprinos potiče od promene oblika (ekscentričnosti) putanje Zemlje oko Sunca. Ona se menja od skoro pravilnog kruga do blago izdužene elipse. Takva promena se dešava u intervalima vremena od oko 100000 go-

dina. Ekscentričnost utiče na razlike između godišnjih doba. Kada je Zemlja najbliža Suncu tada dobija najviše njegove toplote. Hemisfera koja je tokom zime najbliža Suncu trebalo bi zbog ovoga da ima blagu zimu, a ona kojoj se to dešava leti zbog ovoga bi imala toplija leta. Kada je najveća ekscentričnost (oko 9%) tada je sezonska razlika u primljenoj toploti oko 20%. Sada se Zemlja nalazi u periodu male ekscentričnosti (oko 3%) pa je sezonska razlika u primljenoj toploti oko 7%.

Drugi parametar koji Milanković uzima u obzir je promena nagiba ose rotacije Zemlje u odnosu na ravan orbite (putanje oko Sunca). Nagib se menja u rasponu od 22,1° do 24,5°. Ovolike promene se dešavaju u vremenu od 41000 godina. Posle toga se periodično nastavlja sa menjanjem. Kada je nagib veći, na većim geografskim širinama razlika u karakteru godišnjih doba je izraženija u odnosu na manje geografske širine. Ovaj uticaj je zanemariv na Ekvatoru i najveći je na polovima. Porastom nagiba za 1° ukupna energija koju primi polusfera tokom leta poraste za oko 1%.

Treći parametar se odnosi na revoluciju ose rotacije Zemlje (ili precesiju, kako se drugačije naziva). Ova promena traje 23000 i 19000 godina. Precesija je složena pojava i potiče od ljuljanja ose Zemlje i obrtanja eliptične orbite Zemlje. Precesija utiče na orijentaciju ose, ali ne na njen nagib. Smer ljuljanja ose suprotan je smeru kretanja Zemlje oko Sunca. Zbog ovoga severni pol Zemlje kroz 11 000 godina neće biti okrenut prema zvezdi Severnjači, već će imati otklon od oko 47°. Kao posledica ovog složenog kretanja Zemlje dani ravnodnevnice ne događaju se uvek istog datuma, već se pomalo pomeraju u kalendaru. Glavna posledica precesije je da se relativna dužina godišnjih doba tokom vremena ciklično menja.

Sve ove vrlo složene promene Milanković je opisao jednačinama, iz kojih je izračunao količinu toplote koja dođe na pojedine geografske širine u različitim godinama. Račun je vršio i unazad i unapred, tako da je ovim metodom mogao da interpretira klimatsku prošlost Zemlje i da prognozira njenu budućnost. Za računanje, uprkos slabim računarskim sredstvima u to doba, imao je dosta vremena. Skoro ceo period od 4 godine, koliko je kao zarobljenik proveo u Mađarskoj za vreme Prvog svetskog rata, utrošio je na ova računanja. Početkom 1923. godine o ovome je objavio rad, koji su prihvatili poznati klimatolog Vladimir Kepen i geofizičar Alfred Vegener u vidu Milankovićeve krive osunčavanja u poslednjih 600 miliona godina. Oni su ga pozvali da sarađuje u pripremi dela “Klimati zemljine prošlosti”.

Na Milankovićevoj krivoj (sl. 2.1) jasno se vidi oscilatorna priroda sekularnih (dugotrajnih) promena osunčavanja. Oscilacije imaju različite amplitude i trajanje. Njihova nepravilnost je posledica sekularnih promena

tri pre pomenuta parametra, izazvanih uticajem gravitacije Sunca, Meseca i planeta.

Milanković se nije trudio da objavi puno kraćih radova, već je najvažnije rezultate tridesetogodišnjeg istraživanja objedinio i objavio u kapitalnom delu “Kanon der erdbestruhlung und seine anwendung das eiszeitenproblem”– Kanon osunčavanja Zemlje i problem ledenog doba, u izdanju Srpske kraljevske akademije 1941. godine. Ratne godine od tada, i kasnije, nisu bile povoljne za nastavak njegovog naučnog rada. Ipak, on je bio zadovoljan, jer je smatrao da je svoju teoriju kompletirao. Od tada je učestvovao u raspravama na naučnim skupovima i pratio odzive u svetskim naučnim krugovima.

Milankovićev Kanon osunčavanja doživeo je daleko veću afirmaciju u svetskoj nauci posle, nego za njegova života. Veću pažnju njegovom radu posvetili su Džon i Ketrin Imbri, u knjizi „Ledena doba“ koju su objavili 1979. Njemu i njegovom metodu bilo je posvećeno više međunarodnih konferencija. Tako, povodom stogodišnjice Milankovićeva rođenja, 1979. godine, Srpska akademija nauka organizovala je u Beogradu međunarodni naučni skup posvećen njegovom životu i radu. Zatim je 1982. u Geološkoj opservatoriji Lamont Doerti, univerzitet Kolumbija u državi Njujork, održan simpozijum „Milanković i klima“. Srpska akademija nauka je ponovo 2004. u Beogradu održala značajni međunarodni skup „Paleoklima i klimatski sistem Zemlje“, sl. 17.14.



Sl. 17.14. Bedž koji su nosili učesnici Međunarodne konferencije posvećene Milankoviću.

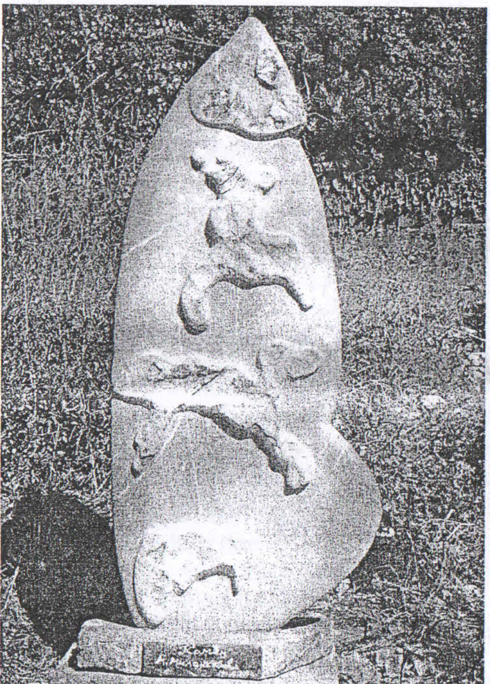
Na tom simpozijumu učestvovao je samo po ličnom pozivu organizatora mali broj istaknutih naučnika iz sveta. Autoru ove knjige oni su svojeručno napisali svoje puno ime i prezime, zemlju odake dolaze i potpisali

se, sl. 17.15. Namera je bila da se njihovi potpisi ugraviraju na kameni spomenik posvećen Milankoviću, koji je pripremio naš poznati vajar, dugogodišnji šef meteorološke stanice u Nikšiću, Mijo Mijušković, sl. 17.16.

MLAĐEN ĆURIĆ, SCG
MICHAEL SARNTHEIN, GERMANY
FREDERIK HILGEN
MICHEL CRUCIFIX, United Kingdom
LINDA HINNOV, U.S.A
Wm. RICHARD PELTIER, CANADA
DOMINIQUE RAYNAUD, FRANCE
MANFRED MUDELSEE, GERMANY
JAMES D. HAYS USA
Valentin Dymnikov, Russia
ZHENGTANG GUO, CHINA
BERT JAN HEIJ, NETHERLANDS
ROBERT M CARTER, AUSTRALIA
HENRY HOOGHIEMSTRA
FEDOR MESINGER, SCG
J. RAY BATES, IRELAND
ANDRE BERGER, Belgium
Ágnes TÓTH-HAKK, Hungary
ALEXANDER BOKSENBERG UK
JAMES W. HEAD, III USA
Barkin Yu. V. Russia
JAMES R. FLEMING, USA
GEORGE KUKLA USA

Sl. 17.15. Svojeručni potpisi učesnika simpozijuma u Beogradu 2004.

Pored velikog broja citiranja Milankovićevih radova posvećenih klimi, ukazane su mu mnoge počasti druge vrste. Tako, Evropsko geofizičko društvo ustanovilo je 1993. medalju Milutina Milankovića. Po jedan krater na Mesecu i Marsu nose njegovo ime, itd.



Sl. 17.16. Kamen Milutina Milankovića, rad vajara Mija Mijuškovića.

17.6. Rad Katedre i Opservatorije u periodu 1919 – 1947.

17.6.1. Ponovno obnavljanje mreže u Srbiji

Odmah po povratku iz rata u Beograd, 24. februara 1919, Nedeljković je započeo široku akciju za obnovu Opservatorije i meteorološke mreže stanica. Prvi zadatak bilo je uspostavljanje redovnih meteoroloških merenja i osmatranja u samoj Opservatoriji i osiguranje dovoljno novca za gotovo pot-

puno novo podizanje mreže. Nedeljković je imao ogromno iskustvo u ovom poslu i zbog toga se nadao da će u novoj državi svoj prvi zadatak obaviti bez teškoća. Međutim, iako su sva njegova nastojanja bila potkrepljena uverljivim činjenicama, može se slobodno reći da je nailazio na skoro potpuno nerazumevanje kod nadležnih rukovodilaca, kako na Univerzitetu tako i u Ministarstvu prosvete.

O opravdanosti Nedeljkovićevih predloga najbolje govori mišljenje Jovana Cvijića, koji je o ovome konsultovan kao jedna od tada naših najeminentnijih naučnika. Cvijić je ministru prosvete podneo referat. U izvodima, referat glasi:

„Gospodine ministre.

Čast mi je podneti ovaj izveštaj o aktu g. Milana Nedeljkovića, direktora Opservatorije i profesora Univerziteta.

Nije potrebno dokazivati da je Opservatorija i organizacija meteorološke mreže jedna od najvažnijih naučnih institucija.....

...... Kulturni svet jako pazi na organizaciju meteorološke mreže, jer ako je nema ili je defektna vrlo se oseća, pošto meteorološka mreža svake zemlje čini deo svetske mreže.

G. Milan Nedeljković je počeo ima više od 30 godina rad u Opservatoriji i na organizaciji meteorološke mreže u Srbiji, pošto se prethodno vrlo temeljno školovao u Parizu i došao sa retkom spremom iz astronomije i fizike. Počeo je organizaciju meteoroloških posmatranja na vrlo širokim osnovama. To je zahtevalo veće budžete, mnogo veće no i jedne druge univerzitetske ustanove. Njih je bilo teško dobiti i mnogi dobici su izazvali neopravdane surevnjivosti. I usled toga i pored drugih uzroka nijedna naša naučna institucija nije toliko bila izložena neprilikama kao Opservatorija i organizacija meteorološke mreže u Srbiji. Uz to je došla bolest g. Nedeljkovića, zatim borbe, možda kadšto i nepotrebne i sve je to smetalo rad u Opservatoriji. Ipak je g. Nedeljković uspeo da dobije dosta prostora na najzgodnijem mestu i da podigne opservatorijsku zgradu, bolju i više prilagođenu naučnom radu no što je ima i koja naša naučna institucija. Već je to i po samom sebi zasluga, jer zahteva mnogo energije. I rad na meteorološkim posmatranjima je toliko napredovao da je 1904 godine u Srbiji bilo oko 200 meteoroloških stanica. Zatim je rad u Opservatoriji počeo naglo opadati i sada, posle neprijateljske najezde skoro ne postoji, osim u Opservatoriji u Beogradu i meteorološke stanice u Kragujevcu.

Kako treba pomoći Opservatoriju?

I. Ja odavno pratim rad i nevolju Opservatorije i odavno sam došao do uverenja da ona treba da bude zasebna ustanova podležna neposredno ministru prosvete. Treba je dakle u tome smislu odvojiti od Univerziteta da ima zaseban budžet i samostalnu administraciju.

Direktor Opservatorije mora imati rang i platu redovnog profesora Univerziteta. On sam ne može rukovoditi onako razgranatim promatranjima kako ih je uveo sadašnji direktor, koja su ne samo obična terminska promatranja već i specijalna meteorološka promatranja od osobite naučne vrednosti. Uz direktora se mora naimenovati i pomoćnik Opservatorije u rangu vanrednog profesora Univerziteta. Možda bi trebalo imati i jednog sekretara u rangu profesora srednje škole.

II. Budžet Opservatorije.

Kako je neprijatelj odneo najveći broj instrumenata to ih treba odmah nabaviti i odrediti za to sumu po tačnom predračunu koji bi ministru prosvete podneo direktor Opservatorije. To bi bio vanredni budžet Opservatorije za ovu godinu.

Dalje za redovni budžet Opservatorije trebalo bi ovo učiniti: Njen direktor bi imao da na karti označi stanice I, II i III reda i da prema toj mreži stanica i broju promatrača i kalkulatora izradi redovan budžet i podnese ministru prosvete.

Osim tog redovnog budžeta koji bi spadao u ministarstvo prosvete, direktor Opservatorije bi izradio drugi redovan budžet za ministarstvo privrede koje bi imalo na sebe da primi izdržavanje prostih kišomernih stanica i stanica za obična temperaturna promatranja, najjeftinije ali najmnogobrojnije stanice čiji su rezultati od vrednosti za narodnu privredu i za hidrotehničke radove.

U ove redovne budžete mora se uneti dovoljna suma za publikovanje Meteorološkog biltena. S početka veća, da bi se naštampale svake godine bar po dve godine ranijeg meteorološkog posmatranja dok se sa štampanjem ne bi stiglo do godine 1914.

Ja sam s najvećim zadovoljstvom učinio ove predloge u interesu Opservatorije i meteorološke mreže i uveren sam da će gospodin ministar naći načina da stavi meteorološki rad u Srbiji na zdravo zemljište.

Beograd, 30. oktobra 1919.“

Iz izveštaja se nedvosmesleno vidi da su ova dva naša naučnika bila potpuno saglasna u osnovnim pitanjima organizacije Opservatorije i meteorološke službe, kao i o načinu kako ovo da se ostvari.

U periodu 1919 – 1921. Nedeljković je postigao vrlo skromne rezultate na obnovi Opservatorije i stanične mreže, iako je ulagao velike napore da postigne što veći uspeh. Razlog je bio zbog apsolutno nedovoljnih sredstava. Opservatorija je za sve ovo vreme dobila na ime budžeta sumu manju od 20000 dinara. Tako su, početkom 1919. počela u Opservatoriji da se vrše osnovna meteorološka merenja, da bi se zadovoljile najnužnije potrebe u ovom pogledu. Od početka 1920. u Opservatoriji su vršena već sva merenja i osmatranja stanice I reda. Od 21. aprila 1921. Opservatorija je emitovala meteorološke podatke pet jugoslovenskih stanica zbog međunarodne razmene preko radio stanice na Banjici. Do kraja 1921. obnovljene su tri meteorološke stanice u Srbiji: u Kragujevcu, Brestovačkoj i Jošaničkoj banji. U Opservatoriji je krajem te godine radilo sledeće osoblje: 1 asistent, 1 osmatrač i 2 kalkulanta.

17.6.2. Nova nadležnost Opservatorije u Jugoslaviji

Posle Prvog svetskog rata stvorena je nova država – Jugoslavija. Zbog toga je trebalo promeniti nadležnost Opservatorije, zajedno sa druge dve slične ustanove koje su postojale u novoj državi. U Zagrebu je tim povodom 1921. održan sastanak te tri najveće jugoslovenske meteorološke institucije, Beogradske opservatorije, Geofizičkog zavoda u Zagrebu i Zavoda za meteorologiju i geodinamiku u Ljubljani. Na ovom sastanku Nedeljković je sa profesorima Mohorovičićem i Gavacijem dogovorno izvršio regionalnu podelu Jugoslavije u pogledu rukovođenja radom meteoroloških stanica u zemlji. Po tome dogovoru Meteorološka opservatorija u Beogradu primila je na sebe rukovođenje celokupnom meteorološkom mrežom u Srbiji, Vojvodini, Makedoniji, Crnoj Gori i jednom delu Dalmacije. Ovakva podela ostala je na snazi, izuzev manjih izmena, sve do početka Drugog svetskog rata.

Nezadovoljan sporim tempom obnove Opservatorije i stanične mreže, Nedeljković je oktobra 1921. samoinicijativno preduzeo korake u Ministarstvu inostranih poslova, ne bi li preko ove ustanove nabavio instrumente na račun reparacija. Rezultat ove akcije je bio vrlo povoljan. Nedeljković je uspeo preko Ministarskog saveta i Ministarstva inostranih poslova da dobije ovlašćenje za neograničenu nabavku instrumenata za Astronomsku i Meteorološku opservatoriju i meteorološke stanice. U toku samo tri kratkotrajna putovanja u Nemačku i Francusku, 1922. i 1923, on je obavio sve potrebne formalnosti oko zaključivanja ugovora o kupovinama i isporukama instrumenata i opreme. Za Astronomsku i zemnomagnetnu opservatoriju poručeno je instrumenata i opreme u vrednosti oko 600000 tadašnjih dolara; za Meteorološku opservatoriju i za aerološku i meteorološku mrežu stanica poručeno je instrumenata i opreme u iznosu oko 150000 dolara. Laboratorijskih instrumenata je poručeno za 50000 dolara, specijalnih montažnih zgrada za laboratoriju, radio stanicu i neke paviljone pored Opservatorije u iznosu od 70000 dolara. Ukupno je Nedeljković poručio instrumenata, uređaja i opreme u iznosu 900000 dolara.

Celokupna prepiska oko nabavke morala je da se vodi preko nekoliko jugoslovenskih državnih i međunarodnih ustanova, uključujući kao poslednju instancu Savezničku reparacionu komisiju u Visbadenu. To je bio ogroman i zamršen posao, koji je Nedeljković uspešno obavio. Gotovo sav poručeni materijal je stigao u zemlju.

Opremom dobijenim na račun reparacija, bilo je moguće sledećih godina obnoviti i uspostaviti mrežu meteoroloških stanica u većem delu Jugoslavije i održavati je sve do 1941. Nedeljković je bio predvideo znatno povećanje obima poslova u Opservatoriji. Predviđeno je uvođenje aeroloških sondaža na sedam stanica u zemlji i znatnog broja novih meteorološko – fizičkih merenja. U okviru Opservatorije bila su predviđena istraživanja i iz srodnih grana geofizike. Naročito je u pogledu razvoja astronomije Nedeljković imao vrlo krupne planove. Predvideo je podizanje astronomske opservatorije u blizini Beograda i astrofizičke opservatorije na jednom od ostrva srednje Dalmacije, Braču ili Hvaru, zbog mnogo povoljnijih meteoroloških uslova na primorju nego u unutrašnjosti zemlje.

Uspešnom nabavkom potrebnih instrumenata i uređaja, Nedeljković je ostvario prvi korak na obnovi Opservatorije. Drugi korak trebalo je da bude široko angažovanje Opservatorije na polju naučnih istraživanja u oblasti astronomije, astrofizike, meteorologije i geofizike. On je bio uveren da će nadležni, dotle skeptično raspoloženi prema inicijativama koje je on predlagao, omogućiti izvršenje planiranih istraživanja. Za ostavarivanje drugog koraka bilo je potrebno osposobiti što pre mlađi naučni i stručni kadar. Zato je Nedeljković tražio otvaranje četiri nova radna mesta za asistente astronomije i nekoliko radnih mesta za meteorološku delatnost. Po Nedeljkovićevoj zamisli, astronomska i astrofizička opservatorija trebalo je da zadovolje sve potrebe čitave nove države kako u pogledu praktične primene rezultata astronomskih istraživanja tako i u pogledu naučno – istraživačkog rada.

Potpuno iznenada, u trenutku kada je obnova Opservatorije bila u punom zamahu, Nedeljković je penzionisan aprila 1924. po sili zakona, jer je bio navršio 65 godina života, u zvanju vanrednog profesora Univerziteta. Njegovo penzionisanje je izvršeno u vrlo nezgodno vreme i na neuobičajen način. Skupe, krupne porudžbine astronomskih instrumenata i uređaja treba-

lo je tek da stignu. Njih je znalački mogao da upotrebi samo onaj ko im je bio odredio namenu. Njihovo postavljanje i puštanje u rad u što kraćem vremenu bilo je više nego neophodno, s obzirom na planiranu astronomsku delatnost. Koliki je zamašan posao trebalo obaviti samo oko prispelih astronomskih instrumenata, može se videti po tome što je samo jedan njihov deo uspeo da se postavi tek posle skoro deset godina (1932 – 1936) od vremena kada su bili poručeni. Drugi deo astronomskih instrumenata, postavljen je tek 1957. godine, u okviru Međunarodne geofizičke godine, dok pojedini astrofizički i laboratorijski instrumenti nisu u potpunosti stavljeni u rad ni posle 40 godina od kada su bili poručeni.

Nedeljković je svu svoju radnu energiju trošio na uspostavljanje i održavanje što boljih i zemlji sto korisnijih meteoroloških merenja i osmatranja. On je svesno potisnuo svoj lični naučni rad u drugi plan, želeći da zemlja dođe do što pouzdanijih i proverenijih informacija iz oblasti meteorologije, pa tek da na njima zasnuje svoje radove. Ovo međutim nije bilo moguće da se ostvari uvek u predviđenom vremenu, i zato mu se u zemlji ponekada poptuno neopravdano zameralo u vezi sa radom opservatorije. Sticajem nekoliko nepovoljnih okolnosti, Nedeljkoviću nije bilo moguće da sam, kao naučni radnik, iskoristi i delimično plodove svoga truda uloženog u upravničku delatnost Opservatorije. Tako je, npr. Klimatografiju Srbije napisao jedan stranac a ne on. V. Conrad je kao oficir Austrijske vojske, neuobičajeno i bez mnogo obzira, iskoristio Nedeljkovićev dvadesetogodišnji trud, upotrebivši za svoje studije iz tog perioda obrađene i sređene meteorološke podatke Beograda i Srbije. Nedeljković je bio član nekoliko inostranih naučnih društava: Meteorološkog društva Francuske, Astronomskog društva Nemačke itd. Lično je pozivan da učestvuje na više međunarodnih meteoroloških kongresa i konferencija.

Nedeljković je umro u Beogradu, u dubokoj starosti, punih četvrt veka pošto je bio penzionisan, u 94. godini života, 21. februara 1950. godine.

17.6.3. Razdvajanje meteorološke i astronomske opservatorije

Posle Nedeljkovićevog penzionisanja, Savet Filozofskog fakulteta je odlučio da od jedne opservatorije Univerziteta osnuje dve posebne: meteorološku i astronomsku. Za upravnika Meteorološke opservatorije Univerziteta u Beogradu, kako je glasio nov zvanični naziv, postavljen je profesor Pavle Vujević u drugoj polovini 1924. godine.

I Vujeviću je bio prvi zadatak da izvrši obnavljanje i uspostavljanje

meteorološke mreže stanica. Najveći deo tog posla obavljen je u toku 1925. i 1926. instrumentima koji su počeli da stižu na račun reparacija prema Nedeljkovićevim porudžbinama. Krajem 1926. stanje meteorološke mreže koju je osnovala Meteorološka opservatorija, i o njoj se brinula, prikazano je u Tabeli 17.2.

Tabela 17.2. Stanje meteorološke mreže stanica 1926. godine, za koju je bila nadležna Observatorija u Beogradu.

	Red meteorološke stanice					
	Opservatorija	I	II	III	IV	ukupno
Srbija	1	1	1	6	44	58
Vojvodina		2	1	8	33	44
Crna Gora		1	1	2	3	7
Makedonija		3	1	5	18	27
Dalmacija	1	1	3	6	8	19
ukupno	2	8	12	27	106	155

Opservatorije su se nalazile u Beogradu i Splitu (Marjan), a stanice I reda u Prilepu, Štipu, Strugi, Kosovskoj Mitrovici, Skoplju, Cetinju, Hvaru, Brestovcu, Vršcu i Kragujevcu.

Meteorološka opservatorija u Beogradu imala je u to vreme jednu od najmodernijih radiostanica (prijemnih) u zemlji, sa ram antenom od 16 m^2, i služila je kao sabirni meteorološki centar za čitavu Jugoslaviju između dva svetska rata. Istovremeno, u njoj se sastavljao „kolektivni" izveštaj za međunarodnu meteorološku razmenu podataka. Broj stanica čiji su podaci bili emitovani iznosio je aprila 1921. 5, da bi ubrzo bio povećan na 12, a već 1930. godine emitovani su popodaci sa 18 stanica. To su bile sledeće stanice: Beograd, Zagreb, Ljubljana, Split, Sarajevo, Novi Sad, Kosovska Mitrovica, Kraljevo, Pljevlja, Mostar, Kalinovik, Đenović (u Boki Kotorskoj) Banjaluka, Varaždin, Osijek, Slavonski Brod i Koviljača. Meteorološki podaci su se skupljali u Opservatoriji a zatim emitovali prvo preko radio stanice na Banjici, zatim preko radio stanice u Rakovici, a potom je emisiju preuzela na sebe komanda vojnog vazduhoplovstva. Meteorološko odeljenje Komande Ratnog vazduhoplovstva održavalo je izvestan broj pomenutih stanica i njima rukovodilo. Pored toga, ova ustanova imala je još meteoroloških stanica na teritoriji, kojom je u pogledu meteorološkog rada rukovodila Opservatorija u Beogradu. Sve ove vojne stanice dostavljale su svoje dnevnike osmatranja Opservatoriji, te je tako sačuvan sav materijal o meteorološkim osmatranjima izvršenim na ovim vojnim stanicama u periodu između dva svetska rata, pošto su duplikati, koji su se nalazili u vojsci, propali za vreme Drugog

svetskog rata.

Meteorološku službu u vojsci organizovao je Ljubomir Đurić (1894 – 1978).



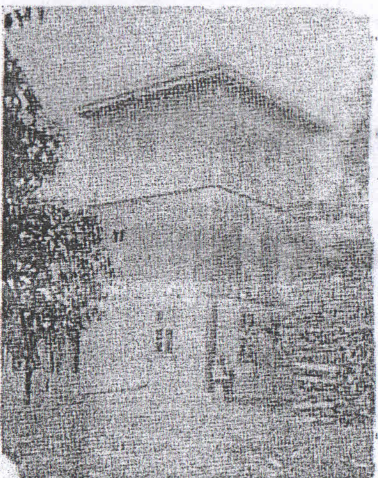
Ljubomir Đurić (1894 – 1978)

Rođen je 15. IX 1894. u selu Dražinoviću, opština Ježevica, 14 km severno od Užičke Požege. Sa 13 godina postaje šegrt u jednoj prodavnici u Mionici, da bi po očevoj želji postao trgovac. Približavao se rat i trgovački kalfa Đurić u 20. godini, 1913, dospeva u Pešadijsku podoficirsku školu u Skoplju. Dobio je čin podnarednika i zadržan u školi da obučava regrute, đake – 1300 kaplara, sa kojima je učestvovao u Kolubarskoj bici (15. IX – 15. XII 1914). Krajem 1915. napušta Srbiju i vodi oko 15 hiljada regruta i pitomaca Podoficirske škole kroz strahote Albanije, do ostrva „spasa i užasa" – Krfa. Odatle je upućen brodom u Bizeru, grad i luku u severnom Tunisu. Želeo je da postane pilot, ali je raspoređen u grupu aviomehaničara. U maju 1916. stiže u Francusku, u Vazduhoplovnu školu u Šartru (90 km jugozapadno od Pariza). Posle kratke obuke postaje aviomehaničar. Odatle ga upućuju u francusku eskadrilu F82, sa kojom stiže na Solunski front. Sa Francuzima je ostao dve godine, a onda je raspoređen u Prvu srpsku eskadrilu. Posle oslobođenja Srbije stiže u Novi Sad, gde je na tamošnjem aerodromu osnovano naše ratno vazduhoplovstvo. Zbog znanja francuskog jezika, u oktobru 1919. šalju ga u Beograd da se upozna sa radom francuske meteorološke stanice i da je potom preuzme. Posle 4 meseca nove obuke postao je meteorolog, a u međuvremenu je naučio i da pilotira. Sav se posvetio vazduhoplovnoj meteorologiji i 1925. objavljuje Meteorologiju, udžbenik za vazduhoplovne škole i priručnik vazduhoplovnih meteoroloških stanica. To je prvi zasebno štampani udžbenik na srpskom jeziku posvećen meteorologiji. On je 1956. napisao Uputstvo za merenja i osmatranja na meteorološkim stanicama, koje se i danas koristi uz neznatne dopune. Ljubomira Đurića je Vlada Srbije postavila za prvog rukovodioca Uprave hidrometeorološke službe NR Srbije 1. jula 1947. Penzionisan je 1. jula 1951, a kao penzioner organizuje protivgradnu zaštitu u Vojvodini. Umro je u Beogradu 30. oktobra 1978.

Za radiotelegrafske poslove koji su se obavljali u Opservatoriji, Di-

rekcija pošta i telegrafa joj je dodelila na stalni rad dvojicu radiotelegrafista, jednog mehaničara za održavanje uređaja i jednog poslužitelja.

U toku 1926 – 1927. u krugu Opservatorije podignuto je nekoliko montažnih zgrada, dobivenih na račun reparacija. Među njima bile su najvažnije: laboratorijski paviljon, u koji su bile smeštene laboratorija, slušaonica i vežbaonica, kancelarijski paviljon, trospratna kula u kojoj su se nalazili uređaji za radiostanicu (sl. 17.17), i još dve-tri manje zgrade.



Sl.17.17. *Trospratna kula u kojoj se nalazila radio stanica, koja je izgorela od nemačkog bombardovanja 6. aprila 1941.*

Osamostaljenje Meteorološke opservatorije, kao posebne ustanove Ministarstva prosvete, nije se desilo ni u periodu 1919 – 1947. Opservatorija je, po nekoj svojoj tradicionalnoj dužnosti, i dalje ispunjavala obavezu i poslovala kao meteorološka centrala za veliki deo Jugoslavije, ali kao univerzitetska ustanova. Univerzitet i Filozofski fakultet nisu rado gledali ovakvo stanje, ali ništa u ovome pogledu nije bilo izmenjeno sve do 1947. Jedino je u budžetu Ministarstva prosvete Opservatorija od 1928/29. dobila posebnu poziciju, kako bi mogla administrativno – finansijski lakše da rukovodi i održava meteorološku mrežu stanica. Budžetska sredstva, koja joj je Ministarstvo prosvete stavljalo na raspoloženje, kretala su se oko 70000 dinara. Ova sredstva su bila apsolutno nedovoljna za potrebe svih delatnosti koje je obavljala Opservatorija između dva rata. Ovim sredstvima ona je morala da održava preko 70 meteoroloških i 110 kišomernih stanica, pored svih drugih potreba koje je imala kao naučna ustanova i član Međunarodne meteorološke

organizacije. Više od polovine budžeta trošeno je na honorare nekolicine rukovodilaca meteoroloških stanica. Najveći broj meteoroloških osmatrača po stanicama bio je za svoj rad nagrađivan, kao i pre 1914, od strane ustanova kod kojih su radili kao stalni službenici, a koje su po prirodi svoje delatnosti bile zainteresovane za meteorološka osmatranja.

Poručene geomagnetne instrumente na račun reparacija, Opservatorija nije mogla da pusti u rad zbog nedovoljno novca. Instrumenti su, da ne bi ležali neiskorišćeni, predati 1937. Vojnom geografskom institutu.

Za laboratoriju Opservatorije bili su nabavljeni sledeći instrumenti: Šmitova jonizaciona komora za merenje radioaktivnosti vazduha i vode; Eksnerov elektrometar sa pomoćnim uređajima za merenje atmosferskog elektriciteta i atmosferske provodnosti vazduha; mali Fuesov termostat za ispitivanje i baždarenje termometara; nekoliko vrsta kondenzacionih higrometara i više demonstracionih instrumenata za vežbanje sa studentima. Merenja na pomenutim instrumentima vršio je asistent Opservatorije Milutin Radošević, ali ona nisu ulazila u okvir redovnih meteoroloških merenja i posmatranja.

Pavle Vujević je posle Nedeljkovićevog penzionisanja bio jedini profesor na fakultetu koji je predavao meteorologiju i klimatologiju. Izučavanje meteorologije na Filozofskom fakulteta do 1927. bilo je prema Uredbi Filozofskog fakulteta, donetoj 1. februara 1906. i izmenjenoj 25. marta 1911. Izmenama i dopunama Uredbe o Filozofskom fakultetu od 17. jula 1927. bilo je definitivno utvrđeno koje se „nauke ili grane naučne" predaju na Filozofskom fakultetu. Meteorologija i klimatologija figurisale su kao šesta nauka. Ovaj predmet bio je obavezan za studente astronomske, hemijsko – fizičke i fizičko – geografske grupe. Studenti ovih grupa polagali su meteorologiju u sklopu predmeta pod „V". Za studente fizičke grupe meteorologija je bila opcioni predmet, a fakultativan za većinu ostalih grupa prirodno – matematičkog smera.

U periodu između dva svetska rata Vujević je, kao redovni profesor za klimatologiju i meteorologiju, držao sledeće kurseve: Meteorologija, Osnovi geofizike, Osnovi matematične geografije, Opšta klimatologija, Kopnene vode, Klima Balkanskog poluostrva, Okeanografija i Dinamička meteorologija. Svi ovi predmeti predavani su sa po dva časa nedeljno u toku dva semestra; uz to su održavana i po dva časa praktičnih vežbanja iz meteorologije. Do 1928/29 školske godine Vujević je aktivno učestvovao i u radu Geografskog seminara, sa po dva časa nedeljno. Od 1922. bio je upravnik i vodio Meteorološko – klimatološki seminar sve do 1941. na koji su uglavnom dolazili studenti fizičko – geografske grupe. Prvi deo velikog Vujevićevog udžbenika „Osnovi matematične i fizičke geografije", koji je sadržavao materiju iz matematičke geografije i geofizike, objavljen je 1923. a drugi deo pod naslovom „Atmosfera i okeani", izašao je 1926. godine. Ovaj udžbenik, sa preko 800 stranica, bio je do II svetskog rata jedini za sve univerzitete i visoke škole u našoj zemlji. Vujević je u rukopisu imao predavanja iz Klimatologije (preko 400 strana), koja je stalno dopunjavao i prerađivao, Klime Balkanskog poluostrva i raznih oblasti hidrografije.

U razdoblju 1919 – 1947. Vujević je objavio čitavu seriju naučnih radova čiji broj prelazi 40. Ovde će se spomenuti samo nekoliko radova iz ovog perioda koji su postali klasični u našoj stručnoj klimatološkoj i meteorološkoj literaturi. To su: „O podneblju Hvara", 6 radova u kojima je iscrpno analitički prikazano podneblje ovog našeg ostrva srednje Dalmacije; „O geografskoj podeli i režimu kiša u našoj zemlji", rad koji se i danas koristi pri izučavanju pluviometrijskog režima u našoj zemlji; „Istorijski dokumenti o promenama klime na teritoriji kraljevine Jugoslavije i susednih oblasti", opsežna i vrlo iscrpna monografija o ovom pitanju, prvi put tretiranom u našoj literaturi; „Vetrovi na Jadranskom moru"; „Podneblje"; „O podneblju Skopske kotline"; „Uticaj reljefa zemljišta na podneblje u okolini Bjelašnice".

Posebno bi trebalo skrenuti pažnju na termin „podneblje", koje Vujević tako često korisi, a sada je potpuno neopravdano izčezao iz meteorološke terminologije. Naime, ono što danas meteorolozi kod nas nazivaju „vreme", često se zamenjuje terminom „časovno vreme". U drugim jezicima za ova dva pojma postoje odgovarajući potpuno različiti termini (u engleskom: weather – time, u nemačkom: wetter – zeit, u ruskom: погода – время, itd.). Vujević je očigledno za ova dva pojma koristio termine: podneblje – vreme. Naši meteorolozi bi trebalo da se vrate ovom lepo odabranom terminu. Jer, Vujević nije ništa nepromišljeno radio, pa nije bez razloga odabrao ni ovaj termin. Podsetimo se, Jakšić i Jovanović su za reč „vreme" upotrebljavali ruski termin „pogode".

Tokom školske godine 1924/25. i 1925/26. kod Vujevića je kao privremeni asistent u Meteorološko – klimatološkom seminaru radio Milenko Filipović, diplomirani geograf. Posle njega, sve do početka 1928. Vujević nije imao asistenta. Kao pomoćni honorarni asistent radio je u Opservatoriji R. Perović, student geografije. Januara 1928. na rad u Opservatoriju dodeljen je Milutin Radošević, suplent III muške beogradske gimnazije.

Radošević je završio fiziku na Beogradskom univerzitetu (diplomirao kod prof. Milorada Popovića) 1925. godine. Iste godine dobio je državnu stipendiju za usavršavanje u inostranstvu. Krajem godine otišao je u Nema-

čku da specijalizira meteorologiju. Radošević je proveo pune dve godine na studijama meteorologije na Berlinskom univerzitetu i na praktičnom i istraživačkom radu u Podzdamskoj opservatoriji, usavršavajući se za merenja Sunčevog zračenja i atmosferskog elektriciteta. Pri kraju usavršavanja radio je u Geomagnetnoj opservatoriji u Podzdamu. Aktivno je učestvovao, sa profesorom Kelerom, na utvrđivanju uticaja, u to vreme konstatovanog Voltinog učinka, pri određivanju prostornog električnog naelektrisanja atmosfere po Tompsonovom metodu. Keler ga nije stavio kao koautora rada, ali je u objavljenom radu o ovom pitanju, konstatovao da mu je Radošević svojim radom ukazao dragocenu pomoć. Upoznao se sa više meteoroloških disciplina, koje su na Berlinskom univerzitetu izlagali eminentni naučnici: Fiker, Knoh, A. Smidt, Kenig i Keler. Radošević se vratio u zemlju krajem 1927. i već početkom 1928. počeo sa radom u Opservatoriji.

Radošević je 1. marta 1929. postavljen za stalnog asistenta Univerziteta. Držao je predavanja i vežbe iz metodike meteoroloških osmatranja i merenja za studente kojima je meteorologija bila obavezni predmet. Svakodnevno je analizirao vremenske karte Evrope, koje su služile prvenstveno za izvođenje nastave i vežbanja. Zvaničnu analizu i prognozu vremena u ovom periodu davalo je meteorološko odeljenje Komande Ratnog vazduhoplovstva. Pored ovih zaduženja, Radošević je vršio veliki deo poslova oko upravljanja i održavanja meteorološke stanične mreže kojom je rukovodila Opservatorija. Vodio je brigu o biblioteci, administraciji i finansijama Opservatorije, u svojstvu pomoćnika upravnika. Radošević je dopunjavao, usavršavao i pisao nova pojedinačna uputstva za rad u meteorološkim stanicama, jer je tokom vremena dolazilo do promena u obradi pojedinih meteoroloških elemenata. Dopunio je obrasce koje je Vujević izdao prilikom obnove meteorološke mreže, i prilagodio ih novim zaključcima Međunarodne meteorološke organizacije.

Radošević je pomagao Vujeviću u izradi mnogih stručnih elaborata za zainteresovana ministarstva, Univerzitet i brojne strane naučne ustanove. Izvršio je 1932. poređenja barometara svih stanica sa normalnim barometrom Opservatorije, kao pripremu za drugu Polarnu godinu (Međunarodna geofizička godina je nastavak tradicije ispitivanja Zemlje na svetskom planu – koja su bila započeta pod nazivom Polarna godina). Objavio je originalne naučne radove i dao više prikaza i prevoda o aktuelnim meteorološkim pitanjima. U dnevnim listovima obaveštavao je javnost o nekim aktuelnim pitanjima iz meteorologije.

Već je pomenuto da je Meteorološka opservatorija bila centralno mesto u zemlji gde su se skupljali podaci iz čitave Jugoslavije za svakodnevnu međunarodnu meteorološku razmenu. Komanda vojnog vazduhoplovstva dodelila je na rad u Opservatoriju Marka Milosavljevića, vazduhoplovnog podoficira, sa zadatkom da bude veza između vojne meteorološke službe i Opservatorije. Njegova dužnost bila je da rukovodi prikupljanjem meteoroloških podataka sa naših sinoptičkih stanica, uključenih u međunarodnu razmenu, i da se brine o redovnim emitovanjima. Lično zainteresovan za meteorološka merenja i posmatranja u Opservatoriji kao student fizike, Milosavljević je bio uključen u redovnu službu osmatranja. Osmatranja je vršio vrlo uspešno za sve vreme svoga rada u Opservatoriji, od 1. oktobra 1928. do kraja 1932.

Zbog nedostatka novca i malog broja službenika – kalkulanata, Opservatorija je objavila u periodu između dva svetska rata samo neke rezultate osmatranja i merenja. Bili su objavljeni in exstenso rezultati merenja iz tri klimatološka termina osmatranja za Beograd, za godine 1920 – 1935, a za 22 izabrane stanice samo za 1932. i 1933. godinu (zbog međunarodne Polarne godine). Rezultati su objavljeni u publikaciji „Izveštaji meteorološke opservatorije u Beogradu“ i služili su prvenstveno za međunarodnu meteorološku razmenu. Celokupnu obradu i pripremu materijala, kao i završnu redakciju pomenutih publikacija, u obimu od preko 500 strana velikog formata, izvršili su Vujević i Radošević.

Osnovna delatnost Meteorološke opservatorije između dva svetska rata bila je skoro ista kao pre 1914. Najvažniji poslovi su bili: obnova meteorološke mreže u većem delu Jugoslavije, njeno održavanje i rukovođenje; prikupljanje, sređivanje i obrada rezultata osmatranja radi publikovanja; izrada stručnih elaborata za brojne domaće i strane interesente, koji su često imali vid naučnih radova; centar za prikupljanje podataka iz čitave zemlje u svrhu međunarodne meteorološke razmene; meteorološka merenja i osmatranja u samoj Opservatoriji; vežbaonica za sve praktične radove za studente koji su slušali meteorologiju, i na kraju, Opservatorija je održavala međunarodne veze sa velikim brojem sličnih ustanova iz čitavog sveta, i predstavljala je našu zemlju u Međunarodnoj meteorološkoj organizaciji.

Nemačkim bombardovanjem Beograda, 6. aprila 1941. Meteorološka opservatorija je mnogo oštećena. Uništene su sve paviljonske zgrade i sav inventar koji se nalazio u njima. Tom prilikom izgoreli su svi laboratorijski instrumenti i materijali koje je M. Radošević bio pripremio za naučne radove, kao i priličan broj knjiga novijeg izdanja, koji se nalazio izvan glavne zgrade. Srećom, glavna zgrada Opservatorije ostala je neoštećena, te je tako sačuvan sav arhivski materijal, dnevnici osmatranja i mesečne tablice, i biblioteka.

Opservatorija je za vreme nemačke okupacije bila stavljena pod kontrolu Nemačke vazduhoplovne komande za jugoistok. Svo korišćenje arhivskog i tekućeg meteorološkog materijala bilo je pod uvidom Nemaca, ali je Opservatorija i dalje nastavila zvanično sa radom kao univerzitetska ustanova. Funkcionisala je kao „Meteorološki i geofizički zavod Univerziteta", u čijem je sastavu bio i Seizmološki zavod na Tašmajdanu. Tokom celog rata meteorološka merenja i osmatranja nisu prestala u Opservatoriji, ali su izvođena u samo tri klimatološka termina. Naročito je bilo teško vršiti osmatranja u toku 1944. po povlačenju okupatora, zbog stalnih vazdušnih uzbuna i bombardovanja. Zalaganjem osmatrača, osmatranja su ipak vršena redovno, tako da beogradski niz podataka nije prekinut kao što je to bio slučaj za vreme I svetskog rata. Opservatorija je i dalje obavljala svoju funkciju kao centrala meteorološke mreže stanica, čiji broj je bio znatno smanjen, jer je bio sveden samo na teritoriju okupiranog dela Srbije i Banata, Kako su Nemci bili odneli sa Opservatorije sve rezervne instrumente, očigledno je da ovu svoju ulogu Opservatorija nije sa uspehom mogla da vrši. Nemačka vazduhoplovna komanda uspostavila je za svoje potrebe posebnu vojnu meteorološku mrežu stanica. Nemci su se jedino u nekoliko mahova interesovali za arhivske podatke između dva rata.

U toku okupacije u Opservatoriji se najviše radilo na numeričkoj obradi starih podataka osmatranja. Obrađivan je period 1900 – 1940. i to po desetogodišnjim periodima, kako bi se kasnije mogli obrazovati duži nizovi radi izračunavanja srednjih vrednosti.

Pri završnim operacijama oslobađanja Beograda, prvi sprat zgrade Opservatorije je pogođen artiljerijskim zrnom. Tom prilikom stradale su dve osobe, oštećene kancelarijske prostorije i nešto od instrumenata. Redovna svakodnevna merenja i osmatranja su odmah nastavljena posle oslobođenja i vršena su dalje bez ikakvih prekida.

U toku 1944 – 1947 meteorološka služba je bila u nadležnosti Komande jugoslovenskog ratnog vazduhoplovstva. Jedan deo osoblja Opservatorije bio je mobilisan i radio je u ovoj vojnoj jedinici. Tokom 1946. Opservatorija je podržala inicijativu Ministarstva poljoprivrede, da se u Srbiji podigne i meteorološka mreža stanica II reda. Finansijski potpomognuta od ovog Ministrastva, Opservatorija je podigla stanice u Jagodini, Leskovcu, Aleksandrovcu, Prokuplju i Vlasotincima. Ovaj zadatak je izvršio tadašnji osmatrač Opservatorije Marko Milosavljević.

17.7. Razdvajanje meteorologije na fakultetsku i stručnu delatnost

O budućoj organizaciji meteorološke i hidrološke službe u oslobođenoj zemlji razgovaralo se krajem 1945. i u toku 1946. Održano je više sastanaka u Ministarstvu poljoprivrede, Komandi Ratnog vazduhoplovstva i Predsedništvu Savezne Vlade. Ovim sastancima u ime Srbije prisustvovali su Pavle Savić (kasnije akademik) i Opservatorije Pavle Vujević, Milutin Radošević i Marko Milosavljević. Na sastanku u Komandi Ratnog vazduhoplovstva, Radošević je podneo nacrt Uredbe o organizaciji meteorološke službe, a u Predsedništvu Vlade učestvovao je kao član komisije za izradu zaključaka o organizaciji Hidrometeorološke službe FNRJ.

Na Filozofskom fakultetu u toku 1946. izvršene su pripreme za odvajanje prirodno – matematičkih grupa u novoosnovani Prirodno – matematički fakultet. U okviru ovih priprema sačinjeni su i prvi nastavni planovi za buduće grupe. Tada je odlučeno da se na budućem Prirodno matematičkom fakultetu osnuje i posebna grupa za izučavanje meteoroloških i geofizičkih disciplina, čiji bi svršeni studenti činili osnovni stručni kadar hidrometeorološke službe Jugoslavije. Vujević i Radošević izradili su planove i programe za nastavu ove grupe.

Posle oslobođenja Opservatorija je funkcionisala kao univerzitetska ustanova, prvo u sklopu Filozofskog, a zatim novoosnovanog Prirodno – matematičkof fakulteta, srazmerno vrlo kratko vreme, do 1. oktobra 1947. Izvršena je potpuna reorganizacija meteorološke službe u čitavoj Jugoslaviji. Opservatorija je pripojena novoosnovanoj Hidrometeorološkoj upravi NR Srbije. Ova nova ustanova preuzela je na sebe ulogu centrale meteorološke mreže stanica u Srbiji, koju je do tada vršila Opservatorija. Hidrometeorološkoj službi Srbije predata je zgrada Opservatorije i celokupni njen inventar, uključujući tu i bogatu arhivu meteoroloških podataka o rezultatima merenja i osmatranja izvršenih u Srbiji u periodu od 60 godina. Biblioteka Opservatorije, koja je tada brojala oko 2800 primeraka, podeljena je na dva dela. Za potrebe novoosnovane meteorološko – klimatološke grupe na Prirodno – matematičkom fakultetu, Vujević je izdvojio i preneo veći broj stručnih knjiga i časopisa, ukupno oko 1700 grimeraka. Meteorološki godišnjaci i slične publikacije ostavljene su Hidrometeorološkoj službi radi kontinuiteta. Služba je preuzela i svo stručno – tehničko osoblje Opservatorije.

Posle punih 60 godina, od 1. maja 1887. do 1. oktobra 1947. Meteorološka opservatorija je prestala da bude univerzitetska ustanova i „radionica

i laboratorija za meteorologiju", kako ju je bio zamislio njen osnivač Milan Nedeljković. U okviru Hidrometeorološke službe Srbije, Opservatorija i dalje funkcioniše kao posebno odeljenje ove ustanove, vršeći postojeća i novouvedena merenja. U okviru Opservatorije organizovana je, u toku sledećih godina, mreža meteoroloških stanica na području Beograda, u svrhu ispitivanja gradske klime. Opservatorijom je veoma uspešno dugo vremena, od 31. decembra 1949. do penzionisanja 1. avgusta 1974. rukovodila Katarina Milosavljević, službenik Opservatorije još od 15. maja 1939.

Dugogodišnji asistent Opservatorije i pomoćnik upravnika, M. Radošević, prilikom reorganizacije meteorološke službe početkom 1947. postavljen je za vršioca dužnosti načelnika Savezne uprave hidrometeorološke službe pri Vladi FNRJ. Marta 1947. godine, Opservatoriju je takođe napustio M. Milosavljević, koji je u njoj radio kao osmatrač od 1. septembra 1941. Milosavljević je tada izabran za predavača na Poljoprivredno – šumarskom fakultetu u Beogradu, za predmet meteorologija, gde ostaje da radi kao profesor do penzionisanja.

17.8. Osnivanje studijske grupe i rad Katedre za meteorologiju na Prirodno – matematičkom fakultetu

17.8.1. Plan studija meteorološko – klimatološke grupe

Na osnovu Uredbe o razdvajanju Filozofskog fakulteta, Ministarstvo prosvete donelo je odluku, akt br. 196 od 17. februara 1947. da se Filozofski fakultet Univerziteta u Beogradu razdvoji u Filozofski fakultet i Prirodno matematički fakultet. Savet Filozofskog fakulteta prihvatio je ovu odluku na svojoj sednici od 24. februara 1947. te se ovaj dan uzima kao osnivanje Prirodno – matematičkog fakulteta.

U okviru priprema za razdvajanje Filozofskog fakulteta već ranije su Vujević i Radošević izradili program i nastavni plan za Meteorološko – klimatološku grupu nauka. Potrebno je istaći da je još 1945. u okviru radova na obnovi Filozofskog fakuteta i pripremama za početak nastave u jesen 1945. novom zamišljenom Uredbom o Filozofskom fakultetu, prihvaćenom na sednicama Saveta Filozofskog fakulteta od 12. i 13. oktobra 1945. u nastavne grupe bila uneta i meteorološko – klimatološka grupa nauka. Ova Uredba, međutim, nije stupila na snagu, jer se zatim stalo na stanovište da je bolje odmah izvršiti pripreme za podelu fakulteta, i u okviru novog fakulteta doneti nastavne planove i programe.

Prirodno – matematički fakultet počeo je zvanično sa radom u toku letnjeg semestra 1946/47. školske godine. On je imao prvo četiri odseka u koje je bilo raspoređeno deset nastavnih grupa. Jedna od novoustanovljenih grupa, koja nije dotle postojala na Filozofskom fakultetu, bila je meteorološko – klimatološka grupa nauka, i pripadala je Matematičko – fizičkom odseku. Prvi studenti meteorološko – klimatološke grupe bili su studenti Filozofskog fakulteta koji su 1946/47. školske godine upisali matematiku i fiziku i koji su u toku letnjeg semestra 1946/47. dobrovoljno prešli na novoosnovanu grupu.

Osnivanje posebne meteorološko – klimatološke grupe urađeno je zbog velike potrebe za visokokvalifikovanim stručnim kadrom u civilnoj i vojnoj meteorološkoj službi. Svršeni studenti ove grupe trebalo je takođe da budu uključeni u razne grane privredne delatnosti, koje se posredno ili neposredno susreću sa meteorološkim i klimatološkim problemima (poljoprivreda, vazdušni i pomorski saobraćaj, hidrotehnika, medicina itd), za čija su rešavanja bili potrebni visokokvalifikovani stručnjaci. Najzad, oni su mogli da budu profesori fizike ili matematike u srednjim školama, ukoliko se ne zaposle u užoj struci. Uvođenje meteorološko – klimatološke grupe nauka na Prirodno – matematički fakultet, u prvom redu je zasluga Pavla Vujevića i Milutina Radoševića.

Glavne karakteristike nastavnog plana bile su da studenti dobiju u prve dve godine studija solidno i zaokruženo znanje iz matematike i fizike, u istom obimu i sa istim brojem časova kao i studenti fizike. U toku treće i četvrte godine studija bilo je predviđeno da se studenti upoznaju sa svim osnovnim meteorološkim i klimatološkim disciplinama i tako izgrade u dobre meteorološke stručnjake. Iako je nastavni plan i program bio menjan nekoliko puta, 1948/49. i 1952/53, on je, u suštini, u odnosu na osnovnu zamisao i profil grupe, ostajao uglavnom isti. Izvršene promene odnosile su se najvećim delom na bolji raspored materije po godinama studija i bolju povezanost pojedinih stručnih predmeta po semestrima.

Na meteorološko – klimatološkoj grupi izučavali su se sledeći predmeti: na prvoj godini studija – Matematika I (6+4), Fizika I (6+4), Fizička geografija (3+2); na drugoj godini studija – Matematika II (6+6), Fizika II (4+6), Opšta meteorologija (2+2); na trećoj godini studija – Teorijska i dinamička meteorologija (3+ 2), Klimatologija i klimatološka statistika (4+3), Meteorološki instrumenti (2+3), Mikroklimatologija (2+1); na četvrtoj godini studija – Analiza i prognoza vremena (3+4), Regionalna klimatologija

(2+1), Bioklimatologija (2+0) i Atmosferski elektricitet (1+1). Navedeni broj časova u zagradi odnosi se na broj časova predavanja i vežbanja nedeljno.

Diplomski ispit bio je obavezan i sastojao se iz 1) diplomskog rada, 2) usmene odbrane tog rada, i 3) opšteg ispita iz uže struke (koji je po potrebi mogao biti i pismeni). Odbrana diplomskog rada i opšti ispit iz uže struke polagali su se istovremeno. Pitanja iz opšte struke obuhvatala su pitanja iz dinamičke meteorologije i klimatologije. Diplomski ispit se ocenjivao sa dve ocene: pismeni i usmeni deo ispita.

U skladu sa preporukama Savezne narodne skupštine i drugih organa da se postignu što bolji rezultati kako u pogledu broja visokokvalifikovanih stručnjaka tako i u pogledu vremena trajanja studija, bilo je izvršeno ukidanje izvesnih predmeta i sažimanje materije kod preostalih u toku 1958/59. školske godine. Nastavni plan meteorološke grupe od 1958/59. nije više obuhvatao Fizičku geografiju, Regionalnu klimatologiju i Atmosferski elektricitet. Bio je, međutim, uveden nov predmet – Hidrologija, da bi studenti dobili osnovna znanja iz ove naučne discipline, vrlo važne za hidrometeorološku službu zemlje, a koja su se dotle delimično izlagala u okviru Fizičke geografije.

Nastavnim planom iz 1958/59. uvedene su i postdiplomske studije. Ovaj nastavni plan ostao je na snazi do uvođenja trostepene nastave na Univerzitetu 1960/61. školske godine. Po tom nastavnom planu, na meteorološkoj grupi postojala su tri stepena. Studenti prvog stepena slušaju ove predmete. U prvoj godini: Matematiku I (6+6), Fiziku I (6+6) i Opštu meteorologiju (2+1). U drugoj godini studija skoncentrisani su svi potrebni stručni predmeti: Dinamička meteorologija (4+3), Klimatologija (4+6) (ova dva predmeta se predaju samo u trećem semestru), Meteorološki instrumenti i posmatranja (2+3), Analiza i prognoza vremena (4+6) i Hidrologija (2+1) (ovaj poslednji predmet predaje se samo u četvrtom semestru). Na ovaj način smatralo se da studenti prvog stepena dobijaju zaokružena i solidna znanja iz onih meteoroloških disciplina koja su im najpotrebnija kao rukovodećem osoblju meteorološke službe na aerodromima. Na drugom stepenu nastave slušani se ovi predmeti: Matematika II (6+6), Fizika II (6+6) i Analiza i prognoza vremena (0+2), u trećoj godini studija, a u četvrtoj – u VII semestru – Dinamička meteorologija II (3+4), Fizička meteorologija (3+2), Vreme i klima Jugoslavije (2+0), Klimatologija (2+1), Analiza i prognoza vremena (3+4), ova dva poslednja predmeta u VII i VIII semestru, i Mikrometeorologija (2+1) u VIII semestru. Na trećem stepenu nastave predaju se: Dinamički osnovi predviđanja vremena, Primenjena meteorologija, Specijalna poglavlja iz dinamičke meteorologije, Analiza vremena u Jugoslaviji. Ova

dva poslednja predmeta u obe godine trećeg stepena studija. Izborni predmet je Teorijska fizika ili Diferencijalne jednačine matematičke fizike u prvoj godini studija III stepena.

Po nastavnom planu iz 60/61. i novom Statutu Fakulteta, diplomski ispit je bio ukinut na svim nastavnim grupama. Umesto njega bili su obavezni seminarski radovi u toku studija na II i III stepenu nastave. Diplomski rad je ponovo uveden Statutom od 1973. III stepen nastave studenti su završavali izradom magistarskog rada, koji su branili pred komisijom. Jednom Uredbom Izvršnog Veća Srbije bilo je regulisano pod kojim uslovima su se mogle priznati postdiplomske studije kao III stepen nastave.

17.8.2. Rad nastavnog osoblja

Rukovodilac meteorološko – klimatološke grupe bio je od njenog osnivanja, marta 1947. Pavle Vujević. Savet Fakulteta je na sednici od 10. januara 1948. doneo odluku o zavodima fakulteta. Meteorološko – klimatološki zavod bio je jedan od jedanaest zavoda koje je ustanovio Fakultet. Upravnik Zavoda od osnivanja, bio je, takođe, Pavle Vujević. Novoosnovani zavodi preuzeli su na sebe ulogu bivših seminara, instituta i zavoda Filozofskog fakulteta, i predstavljali su naučno – nastavne i administrativno – organizacione jedinice u sklopu Prirodno – matematičkog fakulteta. Njih je bilo skoro isti broj koliko je bilo i nastavnih grupa, i u njima se odvijala stručna nastava iz pojedinih predmeta, a takođe vodila i administracija između Dekanata Fakulteta i pojedinih nastavnih grupa.

Posle donošenja Uredbe o katedrama na fakultetima 1948. godine, pristupilo se i na Prirodno – matematičkom fakultetu njihovoj organizaciji. Katedra za meteorologiju je osnovana odlukom Saveta Fakulteta od 17. decembra 1949. To je bilo jednu godinu dana kasnije nego kod većine drugih katedara. Razlog je bio taj što je većina nastavnika za predmete koji su se predavali na meteorološko – klimatološkoj grupi nauka bila izabrana tek u toku 1949. Jer, tada su po nastavnom planu studenti meteorologije prvi put dospeli da slušaju stručne predmete. Osnovni zadatak katedara, u skladu sa pređašnjim tradicijama, bio je da oko jednog centra okupe sve srodne discipline i omoguće bolju i uspešniju saradnju i uzajamnu pomoć. Na predlog Milutina Radoševića, članovi Katedre za meteorologiju izabrali su, na njenoj prvoj sednici, za šefa katedre Pavla Vujevića.

Vujević je bio jedini nastavnik za sve meteorološke i klimatološke discipline prilikom osnivanja Prirodno – matematičkog fakulteta. Pored

nastave na Meteorološko – klimatološkoj grupi, njegov zadatak je bio da drži nastavu iz opšte meteorologije i klimatologije i na geografskoj grupi. Kako je broj časova predavanja i vežbanja iz ove dve discipline bio suviše veliki za jednog nastavnika, izabran je Marko Milosavljević, 5. decembra 1947. za „honorarnog nastavnika od časa" za predmet meteorologija. Njegov zadatak je bio da drži nastavu iz ovog predmeta za studente geografske grupe. Milosavljević je zatim, 30. septembra 1949. posle položenog doktorata iz fizike, izabran za stalnog – honorarnog nastavnika, u rangu predavača, za meteorologiju; 14. juna 1951. izabran je za stalnog honorarnog docenta za isti predmet, 10. januara 1952. za stalnog honorarnog vanrednog profesora, a 31. oktobra 1955. za stalnog honorarnog redovnog profesora za meteorologiju. Na ovoj dužnosti ostao je na Katedri za meteorologiju sve do kraja 1961/62. školske godine. Pored predavanja iz meteorologije za studente geografske grupe, M. Milosavljević je držao od 1949. nastavu iz istog predmeta i za studente meteorološke grupe, a posle penzionisanja Vujevića, i iz predmeta klimatologija i regionalna klimatologija. U vremenu od 31. marta 1955. do 1. juna 1956. Milosavljević je bio šef Katedre za meteorologiju.

Na meteorološkoj grupi bili su izabrani sledeći honorarni nastavnici za izvođenje nastave iz stručnih predmeta: Ante Obuljen, načelnik sinoptičkog odeljenja u Saveznoj upravi hidrometeorološke službe (SUHMS), za predmet sinoptička meteorologija, u vremenu od 22. novembra 1948. do 9. maja 1951. Milan Kovačević, naučni saradnik i načelnik u SUHMS, za predmet bioklimatologija i regionalna klimatologija, u vremenu od 1. aprila 1949. do 27. maja 1954. Milutin Radošević, meteorološki savetnik u SUHMS, za predmet mikroklimatologija i atmosferski elektricitet, a od 1954/55. školske godine za predmet bioklimatologija, u vremenu od 4. juna 1949. do 1. oktobra 1958. dr Marjan Čadež, upravnik Aerološke opservatorije u SUHMS, za predmet teorijska i dinamička meteorologija, od 1951/52. školske godine i za predmet analiza i prognoza vremena, u vremenu od 30. septembra 1949. do 1. juna 1956. Milan Vemić, načelnik Agrometeorološkog odeljenja u SUHMS, za predmet meteorološki instrumenti i osmatranja, u vremenu od 30. septembra 1949 do 1. oktobra 1957. Pomenuti honorarni nastavnici bili su prvo izabrani za stalne honorarne nastavnike u rangu predavača, docnije za stalne honorarne docente, a od 1954. za stalne honorarne vanredne profesore, izuzev dr Marjana Čadeža.

Na Katedri za meteorologiju, kao što se vidi, u ovom periodu jedini stalni nastavnik bio je Pavle Vujević, dok su svi ostali nastavnici bili honorarni. Ovakav sastav Katedre uslovljavao je da Vujević pored nastavničke dužnosti bude još i starešina grupe, upravnik Zavoda i šef Katedre. Sve ove dužnosti Vujević je vršio do 31. marta 1955. kada je, u svojoj 74 godini ži-

vota penzionisan, sa još nekolicinom starih profesora Prirodno – matematičkog fakulteta – Milutinom Milankovićem, Nikolom Saltikovom, Antonom Bilimovićem, Ivanom Đajom. Vujević je na Beogradskom univerzitetu proveo punih 48 godina u aktivnoj službi. Na meteorološkoj grupi predavao je meteorologiju, klimatologiju, klimatološku statistiku i regionalnu klimatologiju.

Katedra za meteorologiju se borila da dobije bar još jednog stalnog nastavnika, kako bi se nastava uspešnije organizovala. Ovi pokušaji su uspešno završeni tek 1. juna 1956. kada je za stalnog vanrednog profesora potvrđen dr Marjan Čadež, dotadašnji honorarni nastavnik za predmet dinamička meteorologija.

Marjan Čadež (1912 –)



Rođen je 7. IX 1912. u Gorici. Diplomirao je 1936. na matematičko – fizičkoj grupi nauka na Filozofskom fakultetu u Ljubljani, na kome je i doktorirao 1942. godine. Čadež je od 1938. radio prvo kao profesor gimnazije u Prizrenu. Za vreme Drugog svetskog rata sa povremenim prekidima je radio, a zatim od 1944. u Zavodu za meteorologiju i geodinamiku Univerziteta u Ljubljanii i Poljoprivredno naučnom institutu u Ljubljani. Jula 1947. godine stupio je u Saveznu upravu hidrometeorološke službe u kojoj je ostao sve do 1956. kada je izabran za vanrednog profesora na Prirodno – matematičkom fakultetu u Beogradu za predmet dinamička meteorologija. Juna 1964. je izabran za redovnog profesora. U SUHMS-u je bio upravnik Aerološke opservatorije, član kolegijuma i delegat naše države na nekoliko stručnih kongresa. Objavio je veliki broj naučnih radova u našim i stranim meteorološkim časopisima. Bio je u uređivačkom odboru četiri međunarodna časopisa. Napisao je kod nas prvi udžbenik iz Dinamičke meteorologije (1959). Od dolaska na Prirodno – matematički fakultet, Čadež je preuzeo dužnost šefa Katedre i upravnika Meteorološkog zavoda. Te funkcije je obavljao do 1971. kada postaje honorarni direktor novoosnovanog Centra za atmosferske nauke. Centar je osnovan zahvaljujući velikom entuzijazmu i zalaganju Čadeža. On je shvatio da nema brzog razvoja meteorologije kao nauke ako, pored fakulteta, ne postoji naučni institut u kome bi se mladi istraživači bavili naučnim problemima iz meteo-

rologije. Nažalost, nerazumevanjem okoline, Centar se gasi 1976. a zaposleno osoblje se pripaja Osnovnoj organizaciji udruženog rada (OOUR) Fizika i meteorologija PMF-a.

Njegovim dolaskom na fakultet, meteorologija je mnogo dobila, jer je uveden savremeni teorijski pristup u istraživanjima. To je bio poslednji trenutak da se otrgnemo od već zastarelog rada samo na statističkoj obradi meteoroloških podataka. Tim pravcem se dalje vrlo uspešno razvijala meteorološka grupa. Čadež odlazi u penziju 1978. Još uvek (sada, 2005. u 93. godini života) je fizički vrlo aktivan, ali nažalost „profesorska zaboravnost" čini svoje. Živi u Ljubljani (gde odlazi iz Beograda 1990). Meteorološko društvo Srbije mu je dodelilo Povelju 2001. u znak priznanja na postignutim rezultatima u razvoju meteorologije, sl. 17.18.



Sl. 17.18. Prof. Čadež sa ranijim saradnicima 2001. u Beogradu. (s desna na levo: prof. Čadež, D. Stojkov, Đ. Vukin, J. Dolovački i M. Ćurić).

Sve do kraja 1960. godine na Katedri je bio samo jedan stalan nastavnik, prvo P. Vujević od 1947. do 1955, i M. Čadež od 1956. do 1960. Tek 1960/61. školske godine, Katedra je naglo povećala broj svojih stalnih nastavnika sa tri docenta, a početkom školske 1961/62. bio je izabran i četvrti docent. Svi izabrani docenti bili su duži niz godina stalni asistenti na Katedri za meteorologiju i sa uspehom su položili doktorske ispite na Beogradskom univerzitetu kao prvi doktori meteoroloških nauka. Hronološki red njihovog potvrđivanja za docente na Katedri je sledeći: Fedor Mesinger za predmet mikroklimatologija 1. novembra 1960; Dušan Đurić za predmet meteorologija 1. novembra 1960; Borivoje Dobrilović za predmet klimatologija 1. maja

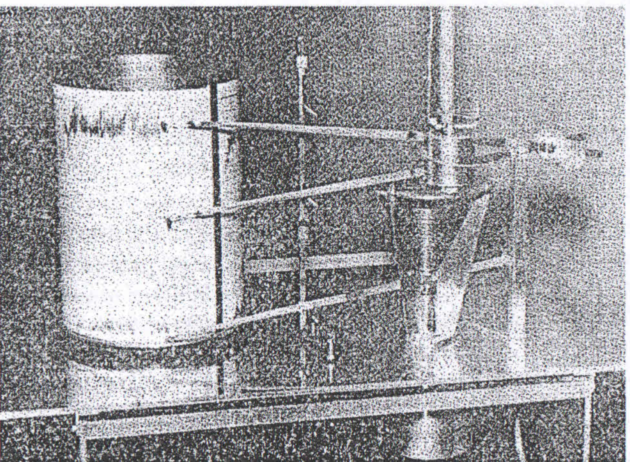
1961; Petar Gburčik za predmet meteorološki instrumenti i osmatranja 1. novembra 1960. Fedor Mesinger je 1963. otišao u Sjedinjene Američke Države da radi u Nacionalnom centru za atmosferska istraživanja, Boulder, Kolorado. Mesinger se od tada više puta vraćao i radio na meteorološkoj grupi u Beogradu. Dušan Đurić (1930 – 2004) takođe odlazi 1965. u SAD, gde završava karijeru profesora univerziteta. Od 1. aprila 1964. Đuro Radinović je postavljen za docenta za predmet analiza i prognoza vremena; Nenad Đorđević (1930 – 1993) 1974. za primenjenu meteorologiju, Mlađen Ćurić 1978. za dinamičku meteorologiju i fiziku oblaka, Lazar Lazić 1994. za prognozu i analizu vremena, Dejan Janc 1997. za opštu meteorologiju, Miroslava Unkašević 1994. za primenjenu meteorologiju i klimatologiju, Borivoj Rajković 1996. za mikrometeorologiju i modeliranje atmosfere, Vladan Vučković 2004. za meteorološke informacije. Pomenuti nastavnici su kasnije birani u viša zvanja, a neki su prešli na rad u druge ustanove (Gburčik u Saveznu meteorološku službu). Od 1983. do 2004. nastavu iz Meteoroloških merenja i informacija držao je Aleksandar Stamatović. U kraćem periodu kao nastavnici su radili N. Aleksić i Z. Janjić.

Katedra za meteorologiju imala je, srazmerno broju studenata, dovoljan broj pomoćnog nastavnog osoblja. Međutim, broj asistenata bio je nezadovoljavajući u odnosu na broj predmeta, koji su izlagani u okviru Katedre. Asistenti su najčešće držali vežbanja iz dva i tri, pa čak i četiri predmeta. Prosečan broj stalnih i honorarnih asistenata iznosio je između dva i tri, pa su oni, s obzirom da je broj stručnih predmeta na Katedri iznosio osam ili više, bili u priličnoj meri angažovani izvođenjem vežbanja. Kod ovoga bi trebalo imati u vidu da je Katedra za meteorologiju održavala redovnu nastavu iz predmeta meteorologija za sve studente geografije I godine studija sve do školske godine 1959/60. Prosečan broj studenata geografije koji su slušali meteorologiju iznosio je oko tri stotine u jednoj školskoj godini. Od tada do danas, 2005, nažalost, meterolozi ne drže predavanja i vežbe iz meteorologije i klimatologije za studente geografije, već to rade geografi koji stiču odgovarajuća nastavna zvanja.

Svi asistenti, bilo stalni ili honorarni, izuzimajući Katarinu Milosavljević, koja je svoje stručno obrazovanje stekla u Opservatoriji i hidrometeorološkoj službi, bili su najbolji svršeni studenti meteorološke grupe. Iako je na Katedri za meteorologiju od njenog osnivanja 1949. pa sve do kraja 1960. bio samo jedan stalni nastavnik, prvo P. Vujević, a zatim M. Čadež, nastava se odvijala, može se reći, skoro potpuno normalno. Svi honorarni nastavnici su svojim svesrdnim zalaganjem, i pored brojnih zaduženja na svojim stalnim dužnostima, uspevali da izvrše sve svoje obaveze i kao predmetni nastavnici, a i kao članovi Katedre, tako da se nenormalan sastav Katedre u pogle-

du broja stalnih i honorarnih nastavnika, uglavnom nije osećao.

Znatno ozbiljniji nedostatak u pogledu izvođenja nastave bio je nedovoljan školski prostor i vrlo slaba opremljenost Meteorološkog zavoda laboratorijskim i meteorološkim instrumentima. Zavod je raspolagao samo sa dve manje prostorije za kabinete i jednom većom prostorijom u kojoj je bila smeštena biblioteka, a koja je istovremeno morala da služi kao slušaonica i vežbaonica. Vežbanja iz pojedinih predmeta održavala su se u jednom od dva kabineta, u kome je bio smešten i celokupan demonstracioni meteorološki instrumentarijum. Zahvaljujući pomoći koju je Meteorološki zavod dobio od Nacionalne komisije za Međunarodnu geofizičku godinu i Univerziteta, zalaganjem profesora Čadeža, bila je podignuta mala meteorološka stanica Zavoda u cilju merenja temperaturnih gradijenata u vazdušnom sloju do visine 10 metara. Istovremeno, ona je služila i kao mala meteorološka laboratorija za studente. Stanica je podignuta na Novom Beogradu u blizini zgrade SIV-a. U njoj su se do kraja 1961. godine vršila razna mikroklimatska merenja; od tada su ona obustavljena, a nastavljeno je jedino sa snimanjem oblaka i eksperimentisanjem na izradi jednog novog tipa anemografa koji radi na mehaničkom principu. Anemograf je izrađen po ideji Čadeža, sl. 17.19.



Sl.17.19. Anemograf konstrukcije Čadež.

Ta stanica je tokom NATO bombardovanja naše zemlje 1999. znatno oštećena. Naročito su stradali osetljivi predajnici savremenog Sodara (Akustičkog radara). Odmah zatim cela zgrada je potpuno izgorela, tako da se do danas za meteorološka merenja ništa nije obnovilo na toj lepoj gradskoj lokaciji.

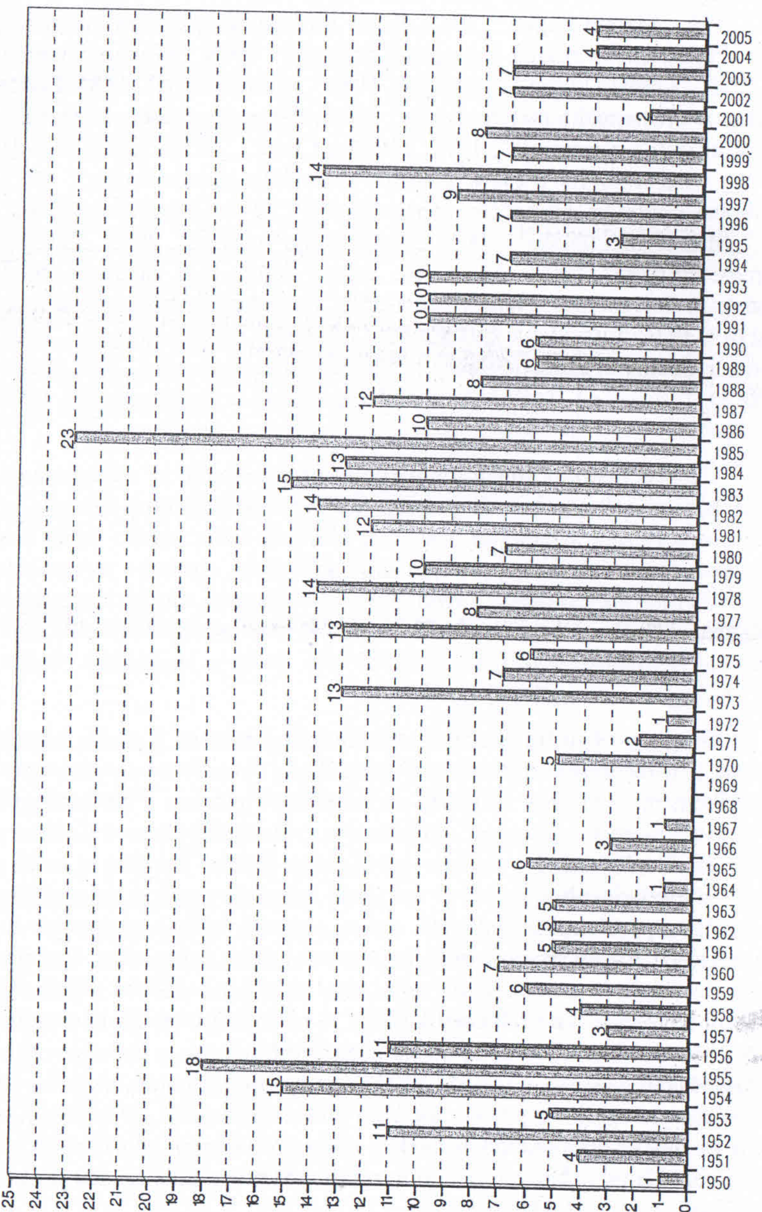
Katedra je organizovala u toku više školskih godina obaveznu letnju praksu studenata u saradnji sa hidrometeorološkom službom. Studenti su letnju praksu obavijali u Saveznom i republičkim hidrometeorološkim zavodima gde su imali prilike da se upoznaju sa svakodnevnom operativnom službom i raznim problemima iz pojedinih meteoroloških disciplina kao i da savladaju metodiku merenja i posmatranja na meteorološkim stanicama. Od kraja šezdesetih godina prethodnog veka do danas, studenti nisu više imali obaveznu praksu.

U kolikoj je meri Katedra za meteorologiju (kasnije, od 1973. se naziva Institut za meteorologiju) odgovorila svojoj osnovnoj nameni kao nastavno – naučna jedinica Prirodno – matematičkog fakulteta (odnosno od 1973. prvo OOUR Fizika i meteorologija a zatim od oktobra 1990. Institut za meteorologiju Fizičkog fakulteta), prikazaće se na osnovu nekoliko statističkih podataka. U toku 58 školskih godina od osnivanja Meteorološko – klimatološke grupe PMF (1946/47. do kraja kalendarske 2005.) od svih upisanih studenata do sada je diplomiralo 425, sl. 17.20. Ovaj broj može da posluži kao orijentaciona cifra koliko je studenata imalo ozbiljnu nameru da se posveti studijama uopšte, a i kao izvesno merilo koliko je studenata stvarno želelo i unapred se opredelilo da uspešno studira meteorologiju.

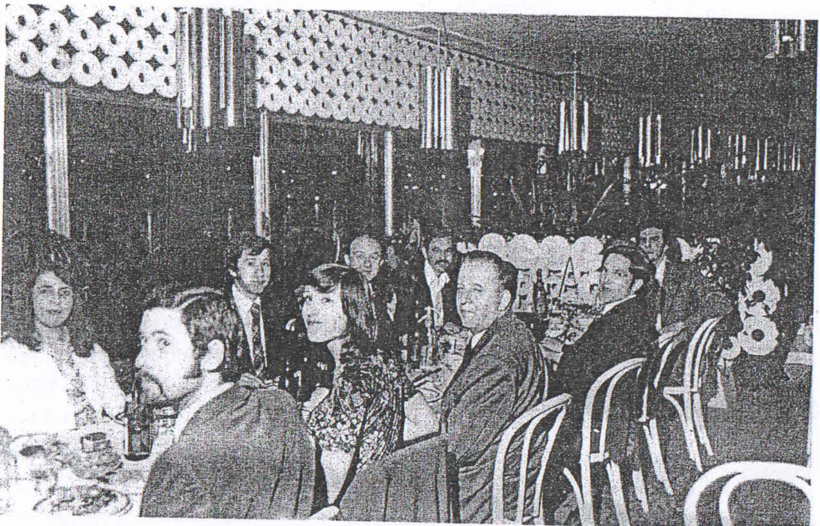
Čast da uspešno završe studije, posle apsolventskog staža, ima tek oko 25% od upisanih studenata, sl. 17.21.

Prvi meteorolog je diplomirao 1950. Bio je to Borivoje Dobrilović (1923 – 1973), sl. 17.22. Bio je zatim uspešni asistent i nastavnik na meteorologiji. Od 1965. radio je kao ekspert Svetske meteorološke organizacije u raznim zemljama Afrike. Nažalost, 31. jula 1973. po dolasku na odmor, poginuo je u saobraćajnoj nesreći kod Novog Mesta. Njegova familija je osnovala pri Svetskoj meteorološkoj organizaciji fond za dodelu nagrada za najboljeg studenta meteorologoje na Meteorološkom institutu i za najbolji naučni rad kod nas. Do uvođenja sankcija protiv naše zemlje, 1992. godine, nagrade su redovno dodeljivane. Od tada do danas (2005) još se nije nastavilo sa dodelom nagrada.

Od uvođenja postdiplomskih studija, školske godine 1958/59. i trećeg stepena nastave 1960/61. dvogodišnje postdiplomske studije završila su do sada 24 studenta. Oni su odbranili magistarske radove. Prvi je odbranio svoj magistarski rad Ante Kuletin, decembra 1963. i tako prvi stekao titulu magistra meteorologije.



Sl. 17.20. Broj diplomiranih studenata meteorologije po godinama.



Sl. 17.21. Apsolventi meteorologije 1974. sa profesorima na apsolventskoj večeri u restoranu „Ušće". S desna na levo: S. Ničković, M. Ćurić (asistent), M. Čadež (profesor), D. Krljanac, F. Mesinger (profesor), D. Jovanović, P. Ristevski, J. Kovačević, M. Vasić.



Sl. 17.22. Borivoje Dobrilović je prvi diplomirao na meteorološoj grupi, 1950. godine.

Na Katedri, odnosno Institutu, do sada je doktoriralo 22 kandidata. Ovome bi trebalo dodati doktorsku disertaciju Marka Milosavljevića „Fizičke osobine vetrova u Beogradu", odbranjenu juna 1949. kojom je stekao titulu doktora fizičkih nauka. Jer, disertacijom je rukovodio Pavle Vujević, i u

njoj je bila obrađena čisto meteorološka tema. Marta 1960. Fedor Mesinger je odbranio prvu doktorsku disertaciju iz meteorologije.

O nastavi, u razdoblju 1947 – 64, bilo je napred izneto dosta činjeničnog materijala, iz koga se lako može izvući zaključak o sadašnjem stanju ove delatnosti, kao i izvršiti poređenje sa prilikama koje su u ovom pogledu vladale na Fakultetu pre 1947. godine. Posmatrano uopšteno, može se zaključiti da je Katedra (Institut) učinila znatan napredak u pogledu unapređenja i proširenja nastave iz svih važnijih meteoroloških i klimatoloskih disciplina. Po nastavnom planu iz 1977. na Institutu za meteorologiju osnivaju se tri smera na redovnim studijama meteorologije: Opšti; Teorijski i Smer za fiziku oblaka. Ovo je učinjeno iz razloga da se prate trendovi razvoja meteorologije u svetu. Na Institutu je već postojao istraživački kadar koji se bavio numeričkim metodama prognoze vremena (koje su započeli Mesinger i Radinović, a kasnije se time bavi veći broj istraživača). Takođe se počinje bavljenjem fundamentalnim problemima fizike oblaka (Ćurić, kasnije Janc, Aleksić, i još kasnije Vučković i Vujović). Oblaci i padavine pričinjavaju najveće probleme u prognozi vremena i u tome kako doprinose dugoročnim promenama klime. Zato se stalo na stanovište da se sa tim problemom meteorolozi moraju uhvatiti u koštac na valjan način. Od 1973. ponovo se uvodi kao završni ispit odbrana diplomskog rada.

Na Institutu se danas nastava izvodi samo na jednom smeru, ali sa 17 stručnih predmeta, kojim se studenti osposobljavaju da mogu uspešno da nastave rad ili sudije u najrazvijenijim zemljama Zapada. Po tome smo, nažalost, poznati kao dobri „izvoznici“. Naš program je potpuniji od mnogih evropskih univerziteta. Ako se ima u vidu da se meteorologija razvila u poslednjih 30 godina do neslućenih razmera, da je njen razvoj sve brži, i da istraživanje atmosfere Zemlje predstavlja veoma značajan prioritetni zadatak mnogih zemalja u svetu, kao i da o mnogim pojavama u meteorologiji još nema konačno izgrađenih gledišta, može se sagledati napor koji ulažu članovi Katedre da bi održavali nastavu na savremenom nivou. Nastavni plan i program meteorološke grupe obezbeđuje izgrađivanje meteorologa koji mogu uspešno da se posvete bilo kom problemu raznih meteoroloških disciplina. Treći stepen nastave usmeren je ka dinamičkoj meteorologiji i njenoj primeni. Na njemu studenti mogu da se upoznaju sa najsavremenijim dostignućima ove meteorološke discipline.

Za potrebe nastave, članovi Katedre (Instituta) su u razdoblju 1947 – 2005. napisali i objavili sledeće udžbenike: **Pavle Vujević**: „Meteorologija“, 1948. „Klimatološka statistika“, 1954; **Marko Milosavljević**: „Meteorologija“ i „Klimatologija“ 1949; **Marjan Čadež**: „Uvod u dinamičku meteorologiju“, 1959. „Meteorologija“, 1973; **Đuro Radinović**: „Analiza vremena“, 1968. „Praktikum iz analize i prognoze vremena“, 1978. „Prognoza vremena“, 1979. „Vreme i klima Jugoslavije“, 1981. „Klimatologija“, 1984; **Fedor Mesinger**: „Dinamička meteorologija“, 1976; **Petar Gburčik**: „Meteorološki instrumenti i osmatranja“, 1977; **Mlađen Ćurić**: „Zbirka zadataka iz dinamičke meteorologije“, 1980. „Osnovi dinamičke meteorologije“, 1983. „Odabrana poglavlja dinamičke meteorologije“, 2000. „Dinamika oblaka“, 2001. „Mikrofizika oblaka“, 2001. „Modifikacija vremena“, 2001. „Dinamička meteorologija“, 2002. „Dinamička meteorologija kroz zadatke“, 2002. (zajedno sa D. Jancom); **Nenad Đorđević**: „Primena meteorologije u inženjerstvu“, 1986; **Miroslava Unkašević**: „Primenjena meteorologija“, 2004. „Zbirka zadataka iz klimatologije i primenjene meteorologije“, 2001. (zajedno sa D. Vujović i I. Tošić) „Statističke raspodele u meteorologiji“, 1997. (sa J. Mališić).

Članovi Instituta imaju još rukopisa pripremljenih za objavljivanje, koji se kopiraju studentima za potrebe nastave. Kako je broj srudenta na meteorološkoj grupi srazmerno mali, nije bilo lako izdati ovako veliki broj udžbenika. Treba istaći da je u izdavanju udžbenika značajnu pomoć dao Rebublički hidrometeorološki zavod. Time je pokazano, uprkos tome što je 1947. meteorološka delatnost podeljena, da još uvek meteorolozi nisu izgubili osećaj za jedinstvene ciljeve meteorologije. Ovim je studentima omogućeno vrlo uspešno savlađivanje gradiva.

Osnovno obeležje naučno – istraživačkog rada na Katedri, kasnije Institutu, je usmeravanje tretirane problematike ka dinamičkoj meteorologiji, numeričkom modelovanju različitih meteoroloških procesa i klimatologiji. Kao važnu činjenicu treba istaći uključivanje svih mlađih članova Katedre u naučno istraživački rad. Na naučnim problemima članovi Katedre su radili u prvom redu individualno, a sada se već jasno izdvajaju grupe sa zajedničkim istraživačkim problemima. Od 1947. oni su objavili veliki broj naučnih radova u najpriznatijim stranim stručnim meteorološkim časopisima. Bez ikakvog preterivanja se može reći da veliki broj objavljenih radova tretira najsuptilniju meteorološku problematiku koja je na frontu svetskih interesovanja. Autori su se trudili da dođu do što egzaktnijih rešenja, u duhu savremenog sagledavanja pojava u prirodi, i koliko je teorijskim putem moguće, što bliže onima ostvarenim u prirodi. Različiti numerički modeli, od onih koji se odnose na oblake do numeričkih modela prognoze vremena, doživeli su naročiti uspeh. Na taj način autori su bili u prilici da pruže fizičku interpretaciju ispitivanih meteoroloških pojava.

Meteorološki zavod je 1957. pokrenuo izdavanje svoje publikacije

„Rasprave“. Do sada je izašlo devet brojeva Rasprava.

Na kraju treba reći nešto i o radnom prostoru u kome se odvijala meteorološka aktivnost na PMF-u. Prostorije Meteorološkog zavoda, od 1948. do aprila 1961, nalazile su se u zgradi Prirodno – matematičkog fakulteta na Studentskom trgu broj 3. Zatim je Zavod aprila 1961. preseljen u novu zgradu PMF na Studentskom trgu 16. Međutim, na insistiranje prof. Čadeža, odlukom fakultetskih organa, Zavod je zamenio dobijene prostorije za prostor Minerološkog zavoda u Dobračinoj ulici br. 16. Preseljenje je izvršeno u decembru 1961. Zavodu su dodeljene prostorije bivšeg Mineralološkog zavoda na prvom spratu zgrade. Pored 7 prostorija u ovoj zgradi, Zavodu su naknadno dodeljene još 3 prostorije u prizemlju u novoj zgradi fakulteta, radi izvođenja nastave iz eksperimentalnih predmeta, i za meteorološku biblioteku, pošto u staroj zgradi u Dobračinoj ulici nisu postojali za to nikakvi uslovi. Meteorologiji su 1971. te prostorije zamenjene za prostorije u prizemlju zgrade u Dobračinoj. Prostorije u prizemlju do tada su držali studenti Prirodno – matematičkog fakulteta (za Savez studenata, klub, itd.). Od tada se sva aktivnost meteorologije odvija u celoj zgradi u Dobračinoj 16. I Centar za atmosferske nauke se nalazio u prizenmim prostorijama ove zgrade.



Sl. 17.23. *Slavljenička torta apsolvenata meteorologije, generacija 2004/2005. sa specifičnim detaljima vantropskog ciklona.*
S leva na desno: T. Tasić, M. Vujadinović, L. Lazić (prof.), M. Gulan, V. Popović, A. Stanković, M. Ćurić (prof.), D. Kornic.

Prilikom opisa razvoja meteorologije u Srbiji učinjena su svesno dva ograničenja u pogledu prikaza razmatrane materije. Prvo, zadržalo se samo na delatnosti Katedre i Zavoda, odnosno Instituta za meteorologiju na PMF, odnosno Fizičkom fakultetu. O delatnosti drugih meteoroloških ustanova ovde nije bilo reči. Jer, o delatnosti Hidrometeorološkog zavoda postoje jako lepi prikazi u brošurama koje su izdavane povodom obeležavanja odgovarajućih značajnih godišnjica. Drugo ograničenje se ogleda u tome što nije detaljnije govoreno o radu još živih naših ljudi, iako su njihovi naučni, stručni i pedagoški razultati impozantni. Pošlo se od toga da o njima treba da pišu novije generacije, bez opterećenja zbog njihovog živog prisustva.

Prikaz razvoja meteorologije se ovde zatvara. Krug razvoja je velikog obima, sa mnošvtvom izvora i ponora, gorčine i slasti uspeha. Jedan od najbistrijih izvora su mladi ljudi koji se opredeljuju za studiranje meteorologije. Njihova mladost i entuzijazam obećavaju da će „ponora“ biti sve manje, a slasti uspeha sve više. Zato neka jedna od stranica ove knjige ovekoveči nešto slatko, apsolventsku meteorološku tortu, sl. 17.23, koju su apsolventi meteorologije, generacija 2004/05. pripremili sebi i svojim profesorima za apsolventsko veče, održano 31. maja 2005. u Dobračinoj ulici br. 16. Apsolventi te generacije su: Mirjana Gulan, Mirjam Vujadinović, Tamara Gnjidić, Dragana Kornic, Dragana Marković, Ina Rančić, Milan Petrov, Olga Brujić, Andreja Stanković, Jelena Andrić, Bojan Cvetković, Nebojša Laušević, Tijana Tasić, Vesna Popović, Ivica Slavić.

Glava

18 DODACI

18.1. Značajniji datumi u razvoju meteorologije

Godine pre nove ere

1066 – Za vreme dinastije Ču u Kini su vođeni zapisi o klimatskim karakteristikama.

600 – Tales je objasnio plavljenje reke Nila zbog promene smera duvanja vetra.

550 – Anaksimander je prvi definisao vetar kao kretanje vazduha.

500 – Parmendes je klasifikovao klimu na Zemlji.

– U Kini je objavljen fenološki kalendar radi pomoći poljoprivrednicima u obavljanju poslova.

450 – Empedokle definiše da se svet sastoji od četiri elementa: zemlje, vatre, vazduha i vode.

370 – Eudokije napisao knjigu o prognoziranju lošeg vremena.

334 – Aristotelova Meteorologika, prva knjiga o meteorologiji kao nauci.

330 – Hipokrat napisao raspravu „Vazduh, voda i mesta“, o uticaju vremena i klime na život ljudi.

– Aristotelov učenik Teofrast napisao raspravu o vetru i o predznacima kiše, vetra, oluje i lepog vremena.

140 – Hiparh je podelio svet u zone prema dužini dana za vreme letnjeg solsticijuma.

100 – Andronik Kirestes izgradio Kulu vetrova u Atini.

Godine nove ere

61 – Seneka se žalio na zagađenost vazduha u Rimu.

62 – Heron napisao „Pneumatica“.

850 – Lionski biskup Agobard usprotivio se onima koji su hteli da modifikuju vreme. To je iskazao u delu „Apsurdna mišljenja o vulgarnom diranju u grad i grmljavine“.

1025 – Alhasen procenio visinu atmosfere.

1170 – Aristotelova Meteorologika u Italiji prevedena na latinski jezik.

1200 – Arapski naučnik Idriz definisao sedam klimatskih zona sa po deset podzona.

1202 – Arapski brojevi se počinju koristiti u Evropi.

1269-70 – Postoje dnevnici o vremenu koje se odnosi na Oksford, Engleska.

1337-44 – Kapetan Viljem Merl zapisivao vremenske uslove u Oksfordu i Linkolminu, Engleska.

1442 – U Koreji su se koristili kišomeri.

1450 – Kardinal Nikola Kuzo pronašao balans higrometar.

1500 – Leonardo da Vinči pronašao higrometar i skicirao anemometar na pritisak vetra.

1535 – Od ove godine postoje merenja godišnjih količina padavina za Valpareiso – Santjago u Čileu.

1586 – Objavljena knjiga Simona Sevinusa „Statika i hidrostatika“.

1593 – Galileo Galilej pronašao termometar.

– Nepie pronašao logaritme.

1611 – Marko Dominus objavio rad o naučnom tumačenju duge.

1620 – Snelijus formulisao zakon prelamanja.

1626 – Santorio pronašao higrometar od upredenih creva mačke.

1632 – Žan Rei konstruisao termometar za vodu.

1637 – Rene Dekart u delu „Les Meteores“ izneo stavove koji su vodili do slabljenja Aristotelovog učenja o meteorologiji.

1638 – Galilej dokazao da vazduh ima težinu.

1639 – U Italiji početo sa merenjem padavina pomoću kišomera koji je izmislio Galilejov učenik Kasteli.

1640 – Gaspar Berti vršio eksperimente o postojanju vakuma.

1643(4) – Evangelista Toričeli pronašao barometar.

1648 – Blez Paskal otkrio da pritisak opada sa visinom.

1653 – Ferdinand II od Toskane uspostavio prvu mrežu meteoroloških stanica.

1957 – Fon Gerik izveo magdeburški eksperiment.

– Osnovana Accademia del Cimento.

1659 – Robert Bojl pronašao zakon o vezi između zapremine i pritiska.

1660 – U Firenci pronađen higrometar tačke rose.

1662 – Ser Kristofer Vren pronašao pluviograf.

1667 – Robert Huk objavio opis anemometra.

1670 – Uvedeni termometri sa živom.

1675 – Lajbnic uvodi izvode.

1680 – Papen otkriva da tačka ključanja opada sa sniženjem pritiska.

1683 – Edmond Halej objavio kartu vetrova.

1686 – Edmond Halej (nazvan otac dinamičke meteorologije) objasnio pasatske vetrove i monsunsku cirkulaciju.

1687 – Isak Njutn u „Principia“ izložio tri zakona kretanja.

1690 – Kristijan Hajgens objavio teoriju svetlosti.

1710 – Gabrijel Danijel Farenhajt uveo temperatursku skalu od 32° do 212°.

1730 – Rene Reomir uvodi temperaturnu skalu od 0° do 80°.

1731 – Žan Žak de Meran objasnio polarnu svetlost.

1735 – Džordž Hadli objavio teoriju o uticaju rotacije Zemlje na pasate.

1737 – Andre Celzijus uveo temperaturnu skalu od 100° do 0°.

1742 – Celzijusova skala promenjena od 0° do 100°.

1746 – Vinkler izneo ideju da je munja električno pražnjenje.

1751 – Čarls de Roj definisao tačku rose.

1752 – Bendžamin Frenklin dokazao da je munja električni fenomen.

1753 – Blek otkrio ugljen-dioksid.

1755 – Kulen pronašao suvi i vlažni termometar.

– Ojler formulisao jednačine kretanja za neviskozni fluid.

1760 – Džozef Blek razradio prirodu latentne toplote.

1766 – Kevendiš otkrio vodonik.

1770 – Ruterford otkrio Azot.

1774 – Pristli otkrio kiseonik.

– Luis Konte napisao Rasprave o meteorologiji.

1777 – Metju Dobson merio isparavanje.

1780 – Manhajmsko meteorološko društvo uspostavilo mrežu od 39 stanica.

1782 – Džeim Sike pronašao maksimalni i minimalni termometar.

1783 – Žak Čarls prvi put leteo balonom napunjenim vodonikom iznad Pariza.

– Sosir objavio Esej o higrometriji i otkrio higrometar sa kosom.

1800 – Ser Viljem Heršel otkrio infracrveno zračenje.

1801-03 – Džon Dalton otkrio zakon pritiska vodene pare.

1802 – Lamark objavio klasifikaciju oblaka.

– Dalton definisao relativnu vlažnost.

– Gej-Lisak objavio gasni zakon.

1803 – Luk Hauard objavio svoju klasifikaciju oblaka.

1804 – Gej-Lisak se penjao balonom radi izučavanja vremena.

1806 – Ser Frensis Bofor objavio skalu za jačinu vetra.

1813 – Džon Lesli otkrio higrometar od porozne gline.

1816-26 – Crtane prve sinoptičke karte na osnovu osmatranja Manhajmske mreže.

1817 – Aleksandar fon Humbolt objavio kartu srednjih godišnjih izotermi za veći deo severne hemisfere.

1823 – Laplas izveo hidrostatičku jednačinu.

1825 – August napravio psihrometar.

– Ser Viljem Heršel napravio aktinometar sa tamnom kuglom.

1826 – Brandes nacrtao prvu kartu pritiska.

– Osnovana prva meteorološka služba u Belgiji.

1827 – Nevie formulisao jednačine kretanja za viskozni fluid.

1835 – Koriolis otkrio silu koja deluje na tela zbog rotacije Zemlje.

1848 – Lord Kelvin (Viljem Tomson) definisao apsolutnu nulu.

1851 – Crtane prve aktuelne vremenske karte za vreme velike Svetske izložbe u Londonu.

1855 – Ferel objasnio opštu cirkulaciju atmosfere.

1857 – Bis Balot formulisao zakon o vetru i rasporedu pritiska.

1858 – Lumis objasnio prirodu strujanja u olujama.

1859 – Gustav Kirkhof otkrio zakon emisije i apsorpcije.

1861 – Izdavane dnevne vremenske prognoze u Velikoj Britaniji.

1863 – Ser Frencis Galton objavio teoriju anticiklona.

1865 – Admiral Fic Roj izvršio samoubistvo zbog loših prognoza vremena.

1872 – Lord Relej izveo koeficijente rasejanja atmosfere.

1873 – Na Prvom meteorološkom kongresu u Beču osnovana Međunarodna meteorološka organizacija.

1875 – Kulie otkrio značaj kondenzacionih jezgara.

1883 – Rejnolds opisao zakon laminarnih i turbulentnih kretanja.

1884 – Aleksandar Vojejkov objavio knjigu o klimi Zemlje.

– Vladimir Kepen objavio temperaturne regione u svetu.

1886 – Leon Tiseran de Bor sačinio prvu kartu godišnje i mesečne oblačnosti u svetu.

1888 – Aberkrombi klasifikovao sisteme polja pritiska.

1889 – Hemholc i Bezold uveli koncept potencijalne temperature i adijabatski temperaturni gradijent.

– Mihailo Pomorcev napisao prvu knjigu sinoptičke meteorologije.

1893 – Knut Angstrem konstruisao električni kompenzacioni pirheliometar.

– Ričard Asman konstruisao prvu sondu.

– Rolo Rasel objavio opširnu studiju o gradu i dao teoriju formiranja zrna grada.

1896 – Hilderbrandson objavio prvi Međunarodni atlas oblaka.

1900 – Vladimir Kepen uveo prvu realnu klasifikaciju klime.

1902 – Leon Tiseran de Bor uveo pojam troposfere i stratosfere.

– U Gracu održana Prva konferencija o odbrani od grada.

1904 – Vilhem Bjerknes predložio koncept numeričke prognoze.

– Maks Margules objavio rad o prognoziranju polja pritiska koristeći princip održanja mase vazduha.

1905 – Ekman objasnio strujanje u prizemnom graničnom sloju.

1906 – Maks Margules izveo izraz za nagib frontalnih površina.

1910 – Feliks Eksner objavio rad o strukturi ciklona i o vremenskim kartama konstantnog pritiska.

1920 – Milutin Milanković objavio astronomsku teoriju o globalnoj promeni klime.

– V. Bjerknes, Ž. Bjerknes i H. Solberg formulisali teoriju fronta.

1922 – Ričardson objavio prvu numeričku prognozu vremena.

1928 – Molčanov izumeo prvu radiosondu.

1931 – Avgust Verat u Holandiji vršio eksperimente zasejavanja oblaka.

1933 – Tor Beržeron objavio rad „Fizika oblaka i padavine".

1939 – Karl Gustav Rozbi objavio rad o dugim talasima u atmosferi.

1942 – Proizveden meteorološki radar.

1944 – Otkrivena mlazna struja.

1946 – Pronađen SODAR.

– Prve rakete korišćene za ispitivanje atmosfere.

– Langmir i Šefer sproveli prvi eksperiment stimulisanja padavina.

1950 – 23. marta osnovana Svetska meteorološka organizacija.

– Izrađena prva numerička prognoza vremena pomoću ENIAC računara.

1951 – Generalna skupština Ujedinjenih nacija proglasila Svetsku meteorološku organizaciju kao agenciju Ujedinjenih nacija.

1957-58 – Međunarodna geofizička godina.

1957 – Lansiran prvi satelit u Rusiji.

1960 – Lansiran prvi meteorološki satelit TIROS–1.

1963 – Lorenc uveo teoriju haosa radi objašnjenja prognoze vremena.

1967 – Otpočeo globalni atmosferski istraživački program (GARP).

18.2. Meteorološki ekstremi

18.2.1. Ekstremne temperature

Najtoplija država u svetu je Etiopija sa srednjom godišnjom temperaturom 39,5°C. Najviša temperatura 57,8°C je izmerena 13. septembra 1922. godine, u El Azizi, Libija. Najniža temperatura od –89,6°C, izmerena je 21. jula 1983. godine, na stanici Vostok, Antarktik. Najhladniji grad je Verhojansk, Rusija, gde je 7. II 1892. godine izmerena temperatura –67,8°C. Najveće dnevno kolebanje temperature se desilo između 23. i 24. januara 1916. godine, u Brouingu, Montana, SAD, gde se temperatura od 7°C snizila za 24 sata na –49°C. Najveći porast temperature se desio 26. januara 1933. godine, u Južnoj Dakoti, kada je od –39°C porasla na 8°C za samo tri minuta.

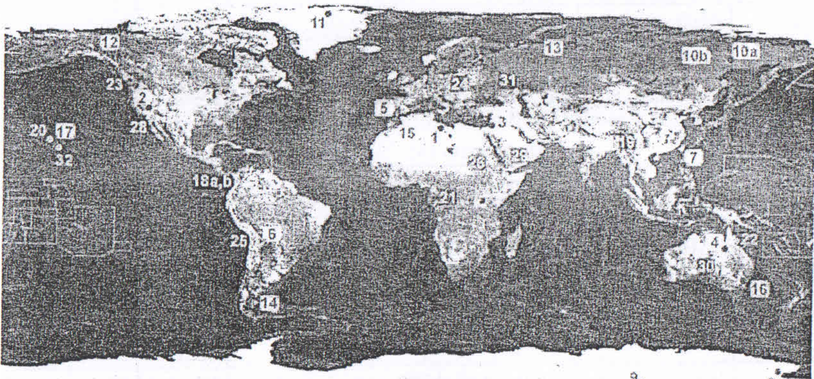
Najviše i najmanje izmerene temperature po oblastima (kontinentima) prikazane su u tabelama 18.1 i 18.2.

Tabela 18.1. Najviše izmerene temperature.

Oznaka na slici 18.1.	Oblast (kontinent)	Država, mesto i nadmorska visina (m)	Temperatura (°C)	Datum
1	Afrika	Libija, El Azis (75)	57,8	13.9.1922.
2	Severna Amerika	Kalifornija, Dolina smrti (–54)	56.7	10.7.1913.
3	Azija	Izrael, Tirat Cvi (–220)	53.9	22.6.1942.
4	Australija	Kvislend, Klonkuri (190)	53.3	16.1.1889.
5	Evropa	Španija, Sevilja (8)	50.0	04.08.1881.
6	Južna Amerika	Argentina, Rivadania (206)	48.9	11.12.1905
7	Okeanija	Filipini, Tuguegaro (22)	42.2	29.04.1912.
8	Antarktik	Obala Skot, Stanica Vanda (15)	15	05.01.1974.

Tabela 18.2. Najniže izmerene temperature.

Oznaka na sl.18.1.	Oblast (kontinent)	Država, mesto i nadmorska visina (m)	Temperatura (°C)	Datum
9	Antarktik	Stanica Vostok (3419)	–89,6	21.6.1983.
10a	Azija	Rusija, Oimekon (800)	–67,8	6.2.1933.
10b	Azija	Rusija, Verhojansk (107)	–67,8	7.2.1892.
11	Grenland	Nortis (2343)	–66,1	9.1.1954.
12	Severna Amerika	Kanada, Sinag, Jukon (646)	–63,0	3.2.1947.
13	Evropa	Rusija, Ustčugor (85)	–55,0	Januar
14	Južna Amerika	Argentina, Sarmiento (268)	–32,8	1.6.1907.
15	Afrika	Maroko, Ifran (1635)	–23,9	11.2.1935.
16	Australija	Prevoj Šarlot (1755)	–23,0	29.6.1994.
17	Okeanija	Havaji, Mauna, Ki Opservatorija (4)	–11,1	17.5.1979.



Sl. 18.1. Oznake mesta gde su se javili meteorološki ekstremi.

18.2.2. Ekstremne padavine

Najviše padavina (1870 mm) za 24 sata, palo je na ostrvu Reunion, Indijski okean, 15. marta 1952. godine. U toku jedne godine najviše je palo 24461 mm u mestu Čerapundži, Indija. To se desilo 1861. godine. Najviše je napadalo snega u toku jedne oluje koja je trajala od 13 – 19. februara 1959.

godine, na planini Šasta, Kalifornija. Tada je dubina snega bila 480 cm.

Najkišovitije mesto u svetu se nalazi u oblasti planine Vanačale na Havajima. Tamo u toku jedne godine ima 350 dana sa kišom. Najsuvlja oblast u svetu je pustinja Atakama u Čileu. U poslednjih 400 godina samo je 1971. godine bilo padavina. Ostale su bile suve.

Najveće i najmanje srednje godišnje količine padavina po oblastima su prikazane u tabelama 18.3. i 18.4. Srednje vrednosti su izračunate iz više godina sa najvećim padavinama.

Tabela 18.3. Najveće srednje godišnje količine padavina.

Oznaka na sl.18.1.	Oblast (kontinent)	Država, mesto i nadmorska visina (m)	Padavine (mm)	Broj godina
18a	Južna Amerika	Kolumbija, Loro (158)	13299	29
19	Azija	Indija, Mausinram (1401)	11872	38
20	Okeanija	Havaji, Vamalale (1569)	11684	30
21	Afrika	Kamerun, Debundža (9)	10287	32
18b	Južna Amerika	Kolumbija, Kibdo (36)	8992	16
22	Australija	Kvislend, Bilenden Ker (1555)	8636	9
23	Severna Amerika	Britanska Kolumbija, Jezero Henderson (4)	6502	14
24	Evropa	Crna Gora, Crkvice (1017)	4648	22

Tabela 18.4. Najmanje srednje godišnje količine padavina.

Oznaka na sl.18.1.	Oblast (kontinent)	Država, mesto i nadmorska visina (m)	Padavine (mm)	Broj godina
25	Južna Amerika	Čile, Arika (29)	0,8	59
26	Afrika	Sudan,Vadi Halfa (125)	< 2,5	39
27	Antarktik	Stanica Amudzen – Skot (2800)	20	10
28	Severna Amerika	Meksiko, Batagues (5)	30	14
29	Azija	Jemen, Aden (7)	46	50
30	Australija	Južna Australija, Mulka (49)	103	42
31	Evropa	Rusija, Astrahan (14)	163	25
32	Okeanija	Havaji, Puako (2)	227	13

Interesantno je napomenuti da kada bi se sva vodena para koja se nalazi u atmosferi pretvorila u kišu, sloj vode od nje oko cele Zemlje bi bio dubok samo oko 2 cm.

Druga zanimljivost vezana je za kišobran. Ta sprava se pojavila u Evropi u XVI veku radi zaštite od Sunca, a tek u XVIII veku se koristi kao zaštita od kiše.

18.2.3. Ekstremi pritiska

Najveći izmereni pritisak od 1083,8 mb (sveden na srednji nivo mora), bio je 31. decembra 1968. godine, u Agati, Sibir, Rusija. Najniži pritisak, 870 mb, bio je 12. oktobra 1979. godine, na ostrvu Tajfun Tip, Pacifik.

18.2.4. Ekstremni vetar

Najveća trenutna brzina vetra od 373 km/h izmerena je 12. aprila 1934. godine, na visini od 1910 m, na planini Vašington. Tada je srednja petominutna brzina iznosila 303 km/h.

Razorni vetar je naročito vezan za tornada, koji se javljaju najčešće u SAD. Tada se pričinjavaju velike materijalne štete i gubitak ljudskih života. Tako je 1879. godine, u Kanzasu tornado odneo metalni most. Tornado poznat pod nazivom „tri države“, prošao je 18. marta 1925. godine, preko Misurija, Ilinoje i Indijane. Usmrćeno je 689 ljudi, 2027 ranjeno, a materijalna šteta je iznosila 17 miliona dolara. U Minesoti, 1931. godine, tornado je usisao pet vagona voza i odbacio ih 30 m od šina. Pojedinačna težina vagona je 70 tona. U Ilinoji 1955. godine, tornado je usisao auto sa dva putnika i bacio ga 30 m. Preko 300 ljudi je poginulo od 3 – 4. aprila 1974. godine, kada se javilo 148 tornada u 13 država Amerike.

18.3. Vreme stvara istorijske prekretnice

18.3.1. Uvod

U prošlosti, sadašnjosti, a ne treba sumnjati da će tako biti i u budućnosti, vreme je imalo odlučujuću ulogu u životu ljudi. Svako vremensko stanje na nekoga deluje pozitivno, bude od koristi, dok za druge bude pogubno. U nekim situacijama taj uticaj je toliko jak da je označavao istorijske prekretnice. Ovde će se opisati samo nekoliko takvih događaja od kojih je zavisila sudbina nacija.

18.3.2. Kamikaze – božanski vetar, pobedio Kublaj – kana

Džingis – kan (oko 1155 – 1227) je bio najuticajniji vojskovođa srednjeg veka. Osnovao je prostrano Mongolsko carstvo, koje se prostiralo od Tihog okeana do Baltika i Sredozemnog mora. To područje je veće tri puta od Severne Amerike. To je postignuto razornim iskaljivanjem besa Džingis – kana i njegovih vojnika. Toliko je razarao da se to poredi sa današnjim nuklearnim ratom. Samo u gradu Mervu (koji je nazivan „kraljicom gradova") sve je sravnio sa zemljom i poubijao je sedamsto hiljada muškaraca, žena i dece. Posle njegove smrti, naslednici su nastojali da obnove slavu Mongolskog carstva. Među njima najpreduzimljiviji je bio njegov unuk **Kublaj – kan** (1260 – 1294). Osvojio je Kinu, i pripremio invaziju na Japan. Nema sumnje da bi sa armadom od 140 000 vojnika i 4400 brodova u tome uspeo. Međutim, iznenadna promena vremena promenila je ishod bitke. Bez ikakve najave, pojavio se snažni tajfun („veliki vetar" – na kineskom) sa mora. Oluja je zahvatila kanove ratne brodove i razbila ih o obalu. Kao posledica ove kataklizme više od polovinu mongolskih ratnika je poginulo. Ovaj događaj je opisao **Marko Polo** (1254 – 1324), venecijanski putopisac, koji je u to doba posetio Kublaj – kana. Marko Polo je zapisao da su se ratnici udavili u moru, a druge, koji su se domogli obale zaklali su japanski branioci. Oluja je razorila Mongolsku armiju, a u japanskoj naciji usađen je mit o njihovom specijalnom čuvaru – *Kamikazi*, što znači „božanski vetar".

18.3.3. Oluja neutralisala španski pohod na Englesku

Španski kralj **Filip II** (1527 – 1598) spremio se da napadne Englesku, kojom je tada vladala kraljica Elizabeta (1533 – 1603). Napad je izveo sa 130 ratnih brodova, na kojima je bilo 27 000 boraca. Od tada bi istorija Engleske bila drugačija da se ponovo nije pojavio meteorološki faktor. Na nesreću Španaca, zahvatila ih je snažna petodnevna oluja. O stenovite obale Škotske razbilo se više od pola flote. Ostatak brodova, da bi izbegao žestinu oluje, zaplovilo je prema zapadu. Ali, blizu Irske obale zahvatila ih je druga žestoka oluja. Tako je i ovde oluja odlučila ishod bitke.

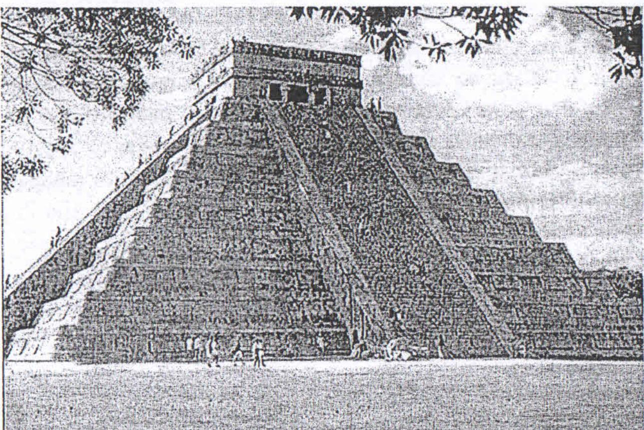
18.3.4. Kumulonimbus, protivnik Napoleona Bonaparte

Francuski vladar Napoleon Bonaparta (1769 – 1821) zaustavljen je u svojim osvajačkim pohodima zahvaljujući lošem vremenu. Najpre je njegovu vojničku snagu oslabila izuzetno hladna ruska zima 1812. godine, za vreme napada na Rusiju. Konačni „meteorološki" udarac ga je uzdrmao od 15 – 18. juna 1815. godine. Odlučujuća Napoleonova bitka vodila se 18. juna blizu sela Uoterlu, Belgija. Na jednoj strani su bili Francuzi a na drugoj strani Englesko – Holandska vojska pod komandom vojvode od Velingtona. Francuzi su otpočeli snažni napad 17. juna. Popodne toga dana formirali su se moćni grmljavinski olujno – kišni oblaci (kumulonimbusi). Ogromna količina kiše pretvorila je tlo u močvaru. Francusko napredovanje u tim uslovima bilo je veoma usporeno. To je odgovaralo Velingtonu jer je mogao svoju lakše pokretnu vojsku da bezbedno povuče na bolje položaje. Jaka kiša u noći između 17. i 18. juna, toliko je raskvasila tlo da se bitka mogla nastaviti tek oko podne 18. juna. U početnim satima Napoleon je bio uspešniji. Međutim, oko 16 sati na bojište su pristigle odmorne pruske snage, pod komandom princa Bličera. Prusi su se borili protiv Francuza. Napoleon je poražen, i zahvaljujući meteorološkom faktoru nastupila je nova istorijska prekretnica.

18.3.5. Uspon i propast imperije Maja

Na Jukatanu, poluostrvu između Meksičkog zaliva i Karipskog mora, gde se danas nalaze poznate „kišne šume", nekada je napredovala moćna civilizacija Maja. Taj tajanstveni svet Maja obuhvatao je delove teritorija današnjeg Meksika, Gvatemale, Belizea, Hondurasa i El Salvadora. U periodu od 6 vekova, između VII i XII veka, narod Maja doživljava procvat.

Podižu veličanstvene gradove sa piramidama i kitnjastim tvrđavama. I današnji ostaci tih građevina zadivljuju, sl. 18.2.



Sl.18.2. Velika piramida Kukulkana u Čičen Ici.

Na vrhuncu razvoja naseljenost Maja u seoskim područjima bila je oko 200 stanovnika po kvadratnom kilometru, dok je u gradovima bila četiri puta veća (oko 800 st./km^2), što je uporedivo sa prenaseljenim današnjim modernim gradovima, kakav je Los Anđeles.

Maje su bile izuzetno obrazovane, naročito iz oblasti matematike i astronomije. Većina velelepnih građevina je u vezi sa kretanjem Meseca, Sunca, zvezda, Venere i ostalih nebeskih tela. Maje su se služile solarnim i nebeskim kalendarom. Njihov život je bio u skladu sa kalendarom. Svoje krupne odluke, setvu, žetvu, čak i vođenje ljubavi, Maje su vezivale za astrologiju. Po onima koji su uspeli da dešifruju kalendar, Maje su čak mogle da predvide budućnost za 100 miliona godina unapred. Napomenimo, da prema tom kalendaru, smak sveta će se desiti u nedelju, decembra meseca 2012. godine. Ovo navođenje ne treba da posluži kao orijentir za ikakvo donošenje opštih ili individualnih odluka, već kao pokazatelj da se sve prognoze Maja ne ostvaruju.

Period napretka civilizacije Maja, koji se inače nazivaju Grcima tog dela sveta (zbog antičke kulture i ostalih dostignuća), bio je prekinut, i iz nekih razloga ta civilizacija je izumrla. Nestanak Maja dugo je predstavljalo pravu misteriju.

Uobičajenom arheološkom tehnkom, istraživači su ustanovili da su kosti Maja u poslednjim decenijama njihove imperije bile takve da su pokazivale potpunu neuhranjenost stanovnika. Naučnici su takođe analizirali nataložene slojeve mulja sa dna tadašnjih jezera. Dokazali su da u slojevima nastalim pre oko 1200 godina, upravo nešto pre izumiranja te civilizacije, nema polena koji potiče od drveća, već da sadrži polen koji potiče od trava. Na osnovu ovoga, zaključili su da je cela oblast zbog prenaseljenosti bila iskrčena. Maje su sekle šumu da bi stvarale prostor za život.

Očigledno, Maje nisu shvatale pogubne posledice takvih aktivnosti. Sa obešumljenih površina erozijom je odnošen površinski sloj plodne zemlje. Na tako ogoljenom zemljištu temperatura se povećala za oko 6 stepeni. Ovo je pokazano simulacijama sa kompleksnim meteorološkim numeričkim modelima. Povećana temperatura je dodatno doprinosila isušivanju zemlje, čineći je sve nepogodnijom za gajenje useva. Smanjile su se i padavine. U sušnoj sezoni javljala se oskudica vode. Pretilo je umiranje od žeđi. Preživljavali su zahvaljujući krečnjačkim udubljenjima, uglavnom kružnog oblika, u kojima se zadržavala voda od retkih kiša. Maje su te prirodne bunare nazivale senote. Senote su predstavljale sveta mesta, jer se u njima zadržavala toliko potrebna voda za piće. Inače, reč senota potiče od reči dzonot, što na jeziku Maja znači bunar.

Koliko su Maje patile zbog nedostatka vode vidi se i po tome što su imali boga kiše, Čak Mola. Ispred veličanstvenog hrama ratnika, Maje su podigle ogromnu figuru Čak Mola, sl.18.3. To je njihovo najomiljenije božanstvo.



***Sl. 18.3.** Čak Mola, bog kiše.*

U znak zahvalnosti, Maje su prinosile žrtve Čaku, bogu kiše. Odabrali bi najlepšu mladu devojku koju bi držali u posebnim prostorijama velikog ženskog manastira. Zatim bi je žrtvovali, bacajući je u senote da se udavi.

Uprkos mnogim istorijskim nejasnoćama u vezi nestanka imperije Maja, naučnici se slažu u jednom. Nestanak Maja, bilo da je uslovljen sušom, ratovima, bolestima, političkom nestabilnošću ili brojnim drugim uzrocima, ima jedan zajednički koren. Svi nabrojani faktori su posledica (simptomi) a stvarni uzročnik je hronična nestašica hrane i vode zbog meteorološke suše, ali delimično i zbog ljudskog faktora, obešumljavanjem.

18.3.6. Kako je Holivud postao centar filmske industrije

Filmska industrija donosi ogromne prihode zemlji gde se to dešava. Arizona je imala sve uslove da bude centar te industrije u Americi. Veliki kanjon, pustinja i kamenita okolina su idealni za snimanje „vesterna“. Tamo je sve i počelo, 1912. godine. Filadelfijska kompanija Labin stigla je u okolinu Taksona, drugog po veličini grada Arizone, da snima film „Spavač“. Naredne, 1913. godine, tu je došao slavni producent Semjul Goldfiš da bi snimio film „Squawman“ – belac oženjen Indijankom. Izgledalo je da će ova zemlja postati meka filmskog sveta. Ali, nažalost, Goldfiš je došao u vreme najveće zimske oluje i snežnih mećava. Morali su na brzinu da nađu novo mesto za snimanje. Idući na zapad, gde je lepše vreme, stigli su na brežuljak iznad Los Anđelesa, koji se zvao Holivud. Tù su ostali da snimaju. Dolazili su i drugi. Tako je Arizona pala u zaborav a Holivud je postao prestonica filma zahvaljujući lepom, toplom kalifornijskom vremenu.

Pojavom vestern filmova, kanjoni i stenovite pustinje Arizone opet su privukli pažnju. Kao početak ponovnog procvata tamošnjeg filmskog biznisa, uzima se 1939. godina, kada „Kolumbija pikčers“ dolazi u Takson da snimi film „Arizona“. Za potrebe snimanja izgrađen je čitav grad nazvan Stari Takson, koji je imao izgled Taksona iz sredine XIX veka. Tu je snimljeno na stotine kaubojaca. Tako je stvoren simbol Divljeg zapada — usamljeni kauboj, koji jaše prema zalazećem suncu, a oko njega beskrajno prostranstvo sa retkim kaktusima i trnovitim žbunjem u peskovitoj i crvenkastoj zemlji. Zanimljivo je da nikome iz filmskog sveta ne smeta letnja vrućina i suv vazduh Arizone. Finiks (prestonica) i Takson su milionski univerzitetski gradovi. Svuda su sprovedeni sistemi za navodnjavanje, izgrađena slična naselja sa bazenima i golf igralištima, simbolima srednje klase.

18.3.7. Irodova gradnja Drugog hrama u Jerusalimu

Car Irod Veliki (oko 74. g.p.n.e – 4. g.n.e) bio je sposoban vladar Judeje. Bio je Arap po krvi (majka mu je bila arapskog porekla), a Jevrejin po veri. Još u šesnaestoj godini postao je perfekt Galileje. Pri vladavini oslanjao se na Rim. U borbi za vlast jednom je morao da napusti Judeju i preko Egipta (gde se sastao sa Kleopatrom), stigao je u Rim. Molio je Senat da mu dodeli titulu kralja Jevreja, i da mu dozvoli da se vrati u Judeju i ponovo uspostavi rimsku vlast. Senat se složio dodelivši mu titulu „Rex socius et amicus populi Romani“ – Pridruženi kralj i prijatelj rimskog naroda.

Irod je, sa rimskim vojnicima i Jevrejima koji su mu bili verni, masakrirao veliki deo stanovništva da bi uspostavio vlast nad Jerusalimom. U preostalom delu vladavine, Irod je pokazivao sve vrline velikog političara, obezbeđujući uvek podršku onih koji su vladali Rimom. Kada je Marko Antonije vladao Irod se njemu zavetovao, a po njegovom padu postaje blizak caru Oktavijanu. Da bi ostao na vlasti surovo se ponašao. Ubio je čak svoju ženu i dva sina, a ženio se sa najmanje deset žena.

Od Irodovog gneva i paranoje mnogi su stradali. Jedno od najokrutnijih stradanja desilo se kada su tri mudraca došla do Iroda da ga pitaju gde je ono dete što je rođeno da bude kralj Jevreja (bilo je to rođenje Hristovo). Irod je pobesneo, jer je sebe smatrao jedinim kraljem, i nije mogao da zamisli postojanje bebe uzurpatora. Zbog toga je naredio da se sva muška deca mlađa od dve godine u Vitlejemu i okolini ubiju. Ovaj pokolj je postao čuven kao Pokolj nevinih. Računa se da je tada ubijeno oko 10 hiljada dečaka.

Uprkos surovosti, Irod je stvorio i puno veličanstvenih dela. Sagradio je i obnovio mnogo gradova, kula i palata. Naročito je bio lep hram u Jerusalimu (podignut na ostacima Hrama kralja Solomona). Jevrejski istoričar Flavije Josif (27 – 101. godine) zapisao je da je za izgradnju ovoga hrama Irod rasipao ogromno bogatstvo. Sve je izgrađeno od žutog, belog i plavog mermera, a mnogi delovi su bili pozlaćeni čistim zlatom. Zidanje je trajalo 46 godina. Bio je to grad unutar grada, sa hodnicima, dvorištima, dvoranama, mostovima, unutrašnjim hramovima, itd.

Irod je za gradnju hrama koristio više od 100 000 ljudi i preko 1000 sveštenika. Istoričar Josif je zapisao da je u toku izgradnje hrama kiša padala samo noću. Danju nije padala, i to se smatralo božanskom voljom, da se ne ometa izgradnja. Za meteorologe, to je osnovno obeležje maritimnih oblasti. Dakle, meteorološke pogodnosti pomogle su Irodu da izgradi tako velelepni objekat.

Uprkos uloženim naporima, eleganciji, veštini zanatlija, veličanstvenosti i važnosti Jerusalima, Rimljani su 70. godine, gušeći pobunu Jevreja, sravnili hram sa zemljom. Danas postoji jedino ostatak od spoljnjeg zapadnog zida, koji se zove Zid plača. To je sveto mesto za Jevreje, koji ubacuju papire sa molitvama među trošno kamenje. Razoren je Irodov hram, a i sam Irod je pre toga umro od do tada nepoznate bolesti. Nazvana je Irodovo zlo. Simptomi su bili: neutoljiva glad praćena povraćanjem, smrdljivi stomak, dah lešine, leženje gamadi na intimnim delovima i neprestano vodnjikavo curenje iz creva. Ova bolest je stvarala nepodnošljiv bol i dovodila do ludila ionako neobuzdanu Irodovu prirodu.

18.3.8. Pad Nerona

Neron (37 – 69), čije je pravo ime Lucije Domicije Ahenobarb, postao je car 54. godine, kada je Rim bio u zenitu svoje moći. Više od 60 miliona ljudi, petina ukupnog broja ljudi u svetu, živela je pod njihovom vlašću. Ali, Neronovom četrnaestogodišnjom tiranskom vladavinom rimsko zlatno doba doći će do kraja. Bio je perverzan, egzibicionista koji se oblačio u žensku odeću. Ubio je rođenu majku, brata, ženu i svakoga ko bi mu se iučemu suprotstavio. Njegova okrutnost, nasilje i nezajažljivost za samoljubljem doveli su Rimsko carstvo do same granice političkog i finanijskog urušavanja.

Kada je u julu 64. godine veliki požar uništio Rim (kažu da je sam Neron organizovao paljenje), Neron je u samom centru Rima na raščišćenom zemljištu sagradio za sebe kompleks velelepnih građevina koje je nazvao „Zlatni dvor“. I pre toga podizao je ogromne statue sa svojim likom. U godini kada je ubio svoju ženu Oktaviju, Neronovu statuu od bronze pogodio je grom i pretvorio je u istopljenu bezobličnu masu.

Snažne oluje u južnoj Italiji kao da su išle na ruku Neronovom trudu za uništenjem. Kada je zbog toga nastala vrlo ozbiljna nestašica hrane, narod se okrenuo protiv Nerona. Vojska, Senat, a sada i narod, naterali su ga da sam sebi oduzme život. Nakon kratkog sakrivanja, Neron je, da ne bi pao u ruke svojih progonitelja, naredio da se iskopa grob, i onda je pao u njega, pošto je zario sebi nož u grlo.

18.3.9. Oštra zima podstakla stvaranje današnje Evropske unije

Evropa je, pored ratnih razaranja, proživela i tri uzastopne oštre zime: 1939; 1940/41 i 1941/42. Loša prognoza meteorologa da nije verovatno da se uz dve uzastopne oštre zime javi i treća, uticala je na odluku Nemačke da napadne Rusiju. Ipak, treća oštra zima 1941/42. godine se desila, što je odlučujuće doprinelo velikim nemačkim gubicima u ljudstvu i vojnoj tehnici.

Taman kada je Evropa izronila iz ratnih trauma, i počela da se razvija, doživela je još jednu oštru zimu. Zima 1946/47. godine bila je hladna i snegovita. Samo u Engleskoj je te zime uginulo četiri miliona ovaca. U martu 1947. godine, zbog otapanja snega i rekordnih padavina, javile su se velike poplave. To je dodatno unazadilo poljoprivredu.

I industrija u Evropi je pretrpela velike gubitke zbog oštre zime 1946/47. godine. Hladno vreme i proletnje poplave onemogućile su dopremanje uglja do elektrana i drugih industrijskih potrošača. Zbog male proizvodnje struje, mnoga industrijska postrojenja su bila zatvorena više nedelja. To je dovelo do pada produktivnosti za 25%. Ovo je ubrzalo mnoge ekonomske probleme.

Kriza u snabdevanju ugljem odlučujuće je doprinela formiranju Evropske Komisije za ugalj i čelik 1950. godine. Iz te Komisije proistekla je današnja Evropska unija.

LITERATURA

A b b e, C., 1906: ***The present condition in our schools and colleges of the study of climatology as a branch of geography of meteorology as a branch of physics***. Bull. Amer. Geogr. Soc., 38, 121-123.

A b b e, C., 1907: ***The progress of science as illustrated by the development of meteorology***, *Smithsonian Institution Annual Report*, 299.

A b b e, C., 1910: ***The mechanics of the earth's atmosphere***, Smithsonian Institution, Washington.

A l e k s a n d r o v, L. A., 1955: ***Dvadtsat' pyat'lat radiozondirovaniya*** (Twenty Five Years of Radiosonde Observations) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 2.

A l h a z e n, 1572: ***Opticae Thesaurus***, ed. Federico Risnero, Basileae, per Episcopios, 286-287.

A l l è g r e, C., 1988: ***The behavior of the earth – continental and seafloor mobility***, Harvard University Press.

A l l m a n, W. F. i B. Wagner, 1992: ***Climate and the rise of man***, U.S. News and World Report.

A r i s t h o p a n e s, trans. Alan H., 1973: ***The clouds, in lysistrata and other plays, sommerstein***. Penguin, Harmondsworth.

A r i s t o t l e, trans. H. D. P. Lee, 1952: ***Meteorologica***, Mass.: Harvard University Press, Cambridge.

A s i m o v, I., 1982: ***Biographical encyclopedia of science and technology***, Doubleday.

A s i m o v, I., 1985: ***How did we find out about the atmosphere***, Walker & Co.

B a r l o w, N., 1958: ***The autobiography of Charles Darwin 1809 – 1882***. Collins, London.

B a t e s, C. C., 1989: ***The formative Rossby – Reichelderfer period in American meteorology, 1926 – 1940***. Wea. Forecasting, 4, 593-603.

B e l o h l a v e k, V., 1977: ***The meteorological tradition of Prague***, Bull. Amer. Met. Soc., 58, 1056-1057.

B e r g e r o n, T., 1959: ***Methdos in scientific weather analysis and forecasting: An outline in history of ideas and hints at a program. The atmosphere and the sea in motion***, B. Bolin, Ed., Rockfeller Institute Press, 440-474.

B o w r a, C. M., 1963: ***The Greek experience***, Mentor Books.

B o y e r, C. B., 1959: ***The history of the calculus and its conceptual development***, Dover Publications, Inc., New York, 187-223.

B o y l e, R., 1969: ***Continuation of new experiments***, 68-73.

B r i m b l e c o m b e, P., 1977: ***Eariest atmospheric profile***, New Scientist, 364-5.

B r o w n, R. H., 1940: ***The first century of meteorological data in America***. *Mon. Wea. Rev.*, 68, 130-133.

B u d y k o, M. I., 1957: ***Meteorologicheskie issledovaniya v SSSR*** (Meteorological Research in the USSR)– Meteorologiya i Gidrologiya, No. 11.

B u n d g a a r d, R. C., 1979: ***Sverre Petterssen, weather forecaster***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 60, 182-195.

B u r k h a r d t, R. W. Jr., 1977: ***The spirit of system: Lamark and evolutionary biology***. Mass. Harvard University Press, Cambridge.

B u r s t y n, H. L. 1966: ***The deflecting force and Coriolis***, *Bulletin of the American Meteorological Society* 47, No. 11, 887-891.

B y e r s, H. R., 1959: ***Carl-Gustaf Rossby, the organizer***. *The Atmosphere and the Sea in Motion*, B. Bolin, Ed., Rockefeller Institute Press, 51-59.

B y e r s, H. R., 1976: ***The founding of the Institute of meteorology at the University of Chicago***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 57, 1343-1345.

C e l s i u s, A., 1742: ***Observationer om tvenne bestandiga grader pa en thermometer***, *Vetenskap. Akad.*, Handl, 4, 197-205.

C h a r l e s, S., 1959: ***A short history of scientific ideas to 1900***, The Clarendon Press, Oxford.

C o h e n, I. B., 1950: ***Some early tools of American science***, Harvard University Press, 201.

C o h e n, M. R. i I. E. Drabkin, 1948: ***A source book in Greek science***, McGraw-Hill Co. Inc., New York.

C o n o v e r, J. H., 1990: ***The Blue Hill meteorological observatory***: *The First Hundred Years, 1885 – 1985*. Amer. Meteor. Soc., 514 pp.

C o r s i, P., 1988: ***The age of Lamarck: Evolutionary theories in France 1790 –***

1830. Berkeley, University of California Press.

Craig, J. I., 1909: ***Meteorological conditions controlling the Nile flood***, *Quart, Jour, of the Roy. Meteor. Soc.* 35.

Crawford, M. i D. Marsh, 1989: ***The driving force, food, evolution and the future***, Harper & Row.

Cressman, G. P., 1983: ***Francis W. Reichelderfer, 1895 – 1983***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 64, 398-400.

Crombie, A. C., 1953: ***Augustine to Galileo – The history of science***, Harvard University Press, Cambridge.

Ćurić, M. i D. Janc, 1991: ***Graupel growth and trajectories in a shallow Cb cloud determined by a forced 1-D model***. *Atmosphere-Ocean*, 29, 462-478.

Ćurić, M. i D. Janc, 1993: ***Predictive capabilities of a one-dimensional convective cloud model with forced lifting and a new entrainment formulation***. *J. Appl. Meteor.*, 32, 1733-1740.

Ćurić, M. i D. Janc, 1997: ***On the sensitivity of hail accretion rates in numerical modeling***. ***Tellus***, 49A, 100-107.

Ćurić, M. i Z. Vuković, 1991: ***The influence of thunderstorm generated acoustic wave on coagulation. Part one: Mathematical formulation***. *Z. Meteor.*, 41, 164-169.

Ćurić, M. i D. Janc, 2002: ***Dinamička meteorologija kroz zadatke***, Fizički fakultet, Beograd, 372 str.

Ćurić, M., 1980: ***Zbirka zadataka iz Dinamičke meteorologije***, Naučna knjiga, Beograd, 333 str.

Ćurić, M., 1981: ***An indication of precipitation enhancement due to cloud seeding aimed at reducing hail***, *J. Wea. Mod.*,13,218-221.

Ćurić, M., 1982: ***The development of the cumulonimbus clouds which moves along a valley***. U: *Cloud dynamics*. Reidel, Dordrecht. (Agee, E. M. i T. Asai, Eds), 259-279.

Ćurić, M., 1983: ***Osnovi Dinamičke meteorologije***, Jug. Zavod za informatiku, Beograd, 317 str.

Ćurić, M., 1985: ***Inadvertently augmentation of precipitation due to hail suppression***, *WMO-WMP*, 2, 587-591.

Ćurić, M., 1985: ***Naučni progres u fizici oblaka koji omogućuje uspešno delovanje na vreme***, *Zbornik radova sa I Jug. Konf. o protivgradnoj zaštiti i drugim vidovima veštačkog uticaja na vreme*, Tara, RHMZ, 31-36.

Ćurić, M., 1987: ***Injection of silver iodide into a Cumulonimbus clouds***, Europe Science Foundation Symposium on Cloud chemistry, 5-10 July 1987, Cambridge.

Ćurić, M., 1989: ***Numerical modeling of thunderstorm***. *Theor. Appl. Climatol.*, 40, 227-235.

Ćurić, M., 1999: ***Potrebe savremene meteorologije za merenjima***. *Zbornik savetovanja „Meteorološki podaci nacionalno blago"*, Vrnjačka Banja, 25-28. oktobra 1999. RHMZ, Beograd.

Ćurić, M., 2000: ***Odabrana poglavlja Dinamičke meteorologije***, Univerzitetska štampa, Beograd, 244 str.

Ćurić, M., 2001: ***Dinamika oblaka***, RHMZ, Beograd, 262 str.

Ćurić, M., 2001: ***Mikrofizika oblaka***, RHMZ, Beograd, 306 str.

Ćurić, M., 2001: ***Modifikacija vremena***, RHMZ, Beograd, 236 str.

Ćurić, M., 2002: ***Dinamička meteorologija***, RHMZ, Beograd, 418 str.

Ćurić, M., D. Janc i V. Vučković, 1998: *On the sensitivity of cloud microphysics under influence of cloud drop size distribution*. *Atmos. Res.*,47-48, 1-14.

D'Alembert, J., 1747: ***Reflexions sur la cause generale des vents***, Berlin.

Dampier, W., 1935: ***A history of science***, The Macmillan Company, New York.

Daničić, Đ. i V. S. Karadžić, 1991: ***Biblija ili Sveto pismo staroga i novoga zavjeta***, Britansko i inostrano biblijsko društvo, Beograd, 807+267

D'Arcy, T., 1918: ***The Greek winds***, *Classical Review* 32, 49.

Dawson, A. G., 1994: *Ice age Earth – Late Quaternary Geology and Climate*, Routledge.

Day J. A. i F. H. Ludlam, 1972: *Boyle*. Weather 27, 449. str.

De Luc, J., 1784: ***Recherches sur les modifications de l'atmosphere***, 2nd ed., Paris, 2:3-5.

De Mott, P. J., 1990: ***Quantifying ice nucleation by silver iodide aerosols, Ph.D.*** *Dissertation*, Department of atmospheric science, Colorado state university, Fort Collins, 259 str.

De Saussure, H. B., 1783: *Essais sur l'hygrometrie*, Neuchatel.

Demillo, R., 1994: *How weather works*, Zif-Davis Press.

Dennis, A. S., 1980: *Weather modification by cloud seeding*, *Academic press*, New York, 267 str.

Descartes, R., 1668: *Les meteores, discours de la methode*... Charles Angot, Paris, 227-230,

Dickerson, R. E., 1978: *Chemical evolution and the origin of life*, Scientific American.

Dobrilović, B., 1964: *O razvoju meteorologije u Srbiji*, Rasprave, 5.

Donn, W. L., 1946: ***Meteorology with marine applications***, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

Doren, C. Van, 1991: ***A history of knowledge***, Balentine Books.

Dufour, L., 1943: ***Les grandes époques de l'histoire de la météorologia***, *Ciei et Terre* 59, 357.

Euler, L., 1755: ***General principles of the motion of fluids***, *Hist. de l'Acad. de Berlin*, 11, 274-315.

Euler, L., trans. D. Brewster, 1872: ***Letters of Euler on different subjects in natural philosophy addressed to a German Princess***, 2 vols., Harper & Brothers, New York.

Eves, H., 1969: ***An introduction to the history of mathematics***, Holt, Rinehart and Winston, New York.

Fahrenheit, D. G., 1724: ***Experimenta et observations de congelatione aquae in vacuo factae***, *Phil. Trans.* 33, 78-89.

Fassig, O. L., 1918: ***A Signal Corps school of meteorology***. *Mon. Wea. Rev.*, 46, 560-562.

FitzRoy, R., 1863: ***The weather book: A manual of practical meteorology***. Longman, London.

Fleming, J. R., 1990: ***Meteorology in America, 1800 – 1870***. Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 264.

Fleming, J. R., 1996: ***Historical essays on meteorology, 1919 – 1995***, American Meteorological Society, Boston.

Fletcher, N. H., 1962: ***The physics of rainclouds***, *Cambridge university press*, London, 309 str.

Forster, T., 1815: ***Researches about atmospheric phaenomena***, 2d ed. Baldwin, Gradock and Joy, London.

Forster, T., 1816: ***Specimen of a new nomenclature for meteorological science***. *Gentleman's Magazine 86*, part I, 131-2.

Fowier, W. S., 1962: ***The development of scientific method***, Pergamon Press, London.

Frakes, L. A., 1979: ***Climates throughout geological time***, Elsevier Scientific Publishing Co.

Freeman, K., 1953: ***The pre-Socratic philosophers***, 3rd ed. Basel Blackwell, Oxford.

Freier, G. D., 1992: ***Weather proverbs***, Fisher Books.

Friedman, R. M., 1987: ***Constituting the polar front***, 1918 – 1919. *Isis*, 73, 343-362.

Friendly, A., 1977: ***Beaufort of the Admiralty: The life of sir Francis Beaufort 1774 – 1857***, Hutchinson, London.

Frisinger, H. H., 1965: ***Early theories on the Nile floods***, *Weather* 20: 206-208.

Frisinger, H. H., 1974: ***Mathematicians in the history of meteorology: The pressure-height problem***, Historia Mathematica 1, 263-286.

Frisinger, H. H., 1977: ***The history of meteorology to 1800***, *Science History Publications*, New York.

Frisinger, H. H., 1965: ***Early theories on the cause of thunder and lightning***, *Bulletin of the American Meteorological Society* 46, No. 12, 785-787.

Frisinger, H. H., 1967: ***Isaac Greenwood: Pioneer American meteorologist***,

Bulletin of the American Meteorological Society 48, No. 4, 265-267.

Fry, H. T., 1967 i 1968: ***The emergence of Beaufort scale***. Mariner's Mirror.

Gaigerov, S. S., 1949: ***O trudakh Lomonosova v oblasti meteorologii i aerologii***. Meteorologiya i Gidrologiya, No. 4.

Gaigerov, S. S., 1949: ***Pervyi nauchnyi polet*** (The First Scientific Flight) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 5.

Galileo, G., trans. H. Crew i A. DeSalvio, 1939: ***Dialogues concerning two new sciences***, Northwestern University Press, Chicago, 64-68.

Gedzelman, S. D., 1995: ***Beyond Bergan***, Weatherwise.

Gershenson, D. E. i D. A. Greenberg, 1964: ***Anaxagoras and the birth of scientific method***, Blaisdell Publishing Co, New York.

Gore, R., 1997: ***The dawn of humans - Tracking the first of our kind***, National Geographic.

Graedel, T. E. i P. J. Crutzen, 1995: ***Atmosphere, climate, and change***, Scientific American Library.

Gregory, R., 1930: ***Weather recurrences and weather cycles***, *Quart. Jour, of the Roy. Meteor. Soc.*, 41, 103-120.

Griffiths, J. F., 1977: ***A chronology of items of meteorological interest***, Bull. Amer. Met. Soc., 58, 1058-1067.

Hadley, G., 1735: ***Concerning the cause of the general trade winds***, *Phil. Trans.* 34, 58-62.

Halley, E., 1686: ***An historical account of the trade winds and monsoons***, Observable in die Seas between and near the Tropics; with an Attempt to Assign their Physical Cause, *Phil. Trans.* 16, 153-168.

Halley, E., 1686: ***On the height of the mercury in the barometer at different elevations above the surface of the Earth; and on the rising and falling of the mercury on the change of weather***, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 104-116.

Hamblyn, R., 2001: ***The invention of clouds***, Richard Hamblyn – 1st ed., New York.

Hann, J. Von, 1883: ***Handbuch der klimatologie*** Verlag Von J. Engelhorn, Stuttgart.

Hann, J. Von, 1926: ***Lehrbuch der meteorologie***, 4th ed., Herm. Tauchnitz, Lepizig.

Harding, A. F., 1982: ***Climate change in later pre-history***, Edinsburgh University Press. (Bintliff, J. L.)

Haurwitz, B., 1986: ***Meteorology in the 20th century: A participant's view***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, *66*, 282-291, 424-431, 498-504, 628-633.

Heath, T. L.: ***The works of Archimedes*** Dover Publications, Inc. New York.

Hellmann, G., 1908: ***The dawn of meteorology***, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 34.

Hellmann, G., 1927: ***Die entwicklung der meteorologischen beobachtungen bis zum ende des XVIII***. Jahrhunderts. Berlin.

Hellmann, G., 1897: ***Die altesten quecksilber thermometer***, *Meteorologische Zeitschrift* 14, 31-32.

Heninger, S. K. Jr., 1960: ***A handbook of renaissance meteorology***, Duke University Press, Durham.

Hepites, Š., 1899: ***Organisation du service météorologique de Roumanie***. Bucarest.

Hess, W. N., 1974: ***Weather and climate modification***, *John Willey*, New York, 842 str.

Hildebrandsson, H. H., 1880: ***Sur la classification des nuages employée à l'observatorie météorologique d'Upsala***, 2d ed. C. J. Lundström, Uppsala.

Holford, I., 1977: ***The Guinness book of weather facts & feats***, Guiness.

Hooke, R., 1665: ***Micrographia***, London.

Howard, E. F., 1932: ***Goethe and Luke Howard***, F. R. S. Friends Quarterly Examiner 66.

Howard, L., 1804: ***On the modifications of clouds***, J. Taylor & c, London.

Howard, L., 1812: ***The natural history of clouds***, *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and The Arts*, 30, 35-62.

Howard, L., 1818: ***The climate of London, deduced from meteorological observations, made at different places in the neighbourhood of the metropolis***. W. Philips, London, 1818, 1820. 1, XXXII.

Hughes, P., 1981: ***Francis W. Reichelderfer, part I: Aerologists and airdevils***. *Weatherwise*, 34, 52-59.

Hughes, P., 1970: ***Mythical meteorology***, ESSA Magazine.

Hughes, P., 1995: ***The new meteorology***, Weatherwise.

Imbrie, J. i K. P. Imbrie, 1994: ***Ice ages, solving the mystery***, Harvard University Press.

International Meteorological Committe, 1896: ***Atlas international des nuages / International cloud atlas / Internationaler wolken – atlas***. Gauthier – Villars et Fils, Paris.

Janc, N., 2002: ***Meteorologija u delima Atanasija Stojkovića***, Arhimedes, Beograd.

Jewell, R., 1981: ***The Bergen school of meteorology: The cradle of modern weather-forecasting***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 824-830.

Jewell, R., 1984: ***The meteorological judgment of Vilhelm Bjerknes***. *Social Res.*, 51, 783-807.

Jurin, J., 1723: ***Invitatio ad observationes meteorologicas communi consilio instituendas***, *Phil. Trans.* 32 422-427.

Kaemtz, L. F., trans. C.V. Walker, 1845: ***A complete course in meteorology***, Hippolyte Bailliere, London.

Kaltchewa, R., 1939: ***50 Jahre meteorologischer beobachtungen in Sofia***.

Kármán, T., 1967: ***The wind and beyond***. Little, Brown and Co., 326.

Karol', B. P., 1950: ***D. I. Mendeleev i meteorologiya*** – Gidrometeoizdat.

Kashin, K. I., 1957: ***Razvitie sinopticheskoi meteorologii za 40 let*** (The Development of Synoptic Meteorology over 40 Years) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 11.

Kellogg, W. W., 1963: ***Report on symposium on meteorological rockets***, *Proceedings of the First International Symposium on Rocket and Satellite Meteorology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Khrgian, A. Kh., 1948: ***Istoriya meteorologii v Rossii*** (History of Meteorology in Russia) – Trudy Instituta Istorii Estestvoznaniya, Vol. II, Moskva.

Khrgian, A. Kh., 1955: I. I. ***Kasatkin i ego raboty o grozakh i grozovykh oblakakh*** (I. I. Kasatkin and His Works on Storms and Storm Clouds) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 3.

Khrgian, A. Kh., 1970: ***Meteorology – A historical survey, Vol.1***, U.S Department of commerce, Springfield.

Khromov, S. P., 1932: ***Ot Dove k sinoptike*** (From Dove to Synoptic Meteorology) – Zhurnal Geofiziki.

Khromov, S. P., 1934: ***Vvedenie v sinopticheskii analiz*** (Introduction to Synoptic Analysis).

Kikuchi, K., 1979: ***Profile of professor Choi Magano***, *Journal of Faculty of Science*, Hokkaido University, 6, 1-19.

Kimball, H. H., 1933: ***Recent advances in the science of meteorology and in its practical applications***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 14, 3-7.

Kimball, H. H., 1981: ***Pioneer: The first American meteorological doctorate***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 362-367.

Kington, J. A., 1974: ***The societas Meteorologica Palatina***, An Eighteenth-Century Meteorological Society, Weather 29, 416-26.

Kington, J., 1988: ***The weather of the 1870s over Europe***, Cambridge University Press, Cambridge.

Kington, S. J. A., 1969: ***A century of cloud classification***. Weather 24, 84-9.

Kinsman, B., 1969: ***Historical notes on the original Beaufort scale***. Marine Observer 39.

Kitto, H. D., 1951: ***The Greeks***, Penguin Books.

Köppen, W., 1934: ***Einstehung der meteorologischen wissenschaft*** – Wetter.

Kovalevskii, G., 1937: ***Klimatologiya v Rossii v XVIII veke*** (Climatology in Russia in the 18th Century)– Meteorologiya i Gidrologiya, No. 2.

Kutzbach, G., 1979: ***One hundred and twenty-five years of meteorology at the University of Wisconsin***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 60, 1166-1171.

Kutzbach, G., 1979: ***The thermal history of cyclones, A history of meteorological thought in the 19th century***, American Meteorological Society.

Lalić, D., 1978: ***Rezultati eksperimenata veštačkih dejstava na magle,***

SOAEN, Aranđelovac, 13-15. XI 1998., X-4.

L a m b, H. H., 1970: ***Volcanic dust in the atmosphere; with a chronology and assessment of its meteorological significance***, Phylosophical Transactions of the Royal Society, A266, 425-533.

L a m b e r t, J. H., 1771: ***Esposé de quelques observations qu'on pourroit faire pour répandre du jour sur la météorologie***, *Nouveaux Memories de l'Academie Royale des Science*, Berlin, 60-65.

L a p l a c e, P., (trans. Nathaniel Bowditch Hillard) originalni rad je objavljen u delovima od 1798 – 1825: ***Mécanique Célest, gray, little and wilkins***, Boston.1829-39, 4:478.

L a s k i n, D., 1996: ***Braving the elements, The stormy history of American weather***, Doubleday.

L a u g h t o n, J. K., 1882: ***Historical sketch of anemometry and anemometers***, *Quart. Jour, of the Roy. Meteor. Soc.*, 8, 162-164.

L a z a r e v, P. P., 1950: ***Ocherki istorii russkoi nauki*** (An Outline of the History of Russian Science) – In the series: Itogi i problemy sovremennoi nauki, Akademiya Nauk SSSR, Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva-Leningrad.

L e e, A., 1976: ***Weather wisdom, facts and folklore of weather forecasting***, Gongdon & Weed.

L e w i s, J. M., 1995: ***LeRoy Meisinger, part I: Biographical tribute with an assessment of his contributions to meteorology***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 76, 33-45.

L o o m i s, E., 1841: ***Meteorological observations made at Hudson***. *American Journal of Science and Arts*, Ohio, 40, 241 str.

L u c r e t i u s, trans. R. E. Latham, 1994: ***On the nature of the universe***, rev. John Godwin, Penguin, Harmondsworth.

L u d l a m, F. H., 1972: ***History of cloud classifications, in Richard Scorer, Clouds of the world***, A Complete Colour Encyclopedia, Newton Abbot, David & Charles.

L u d l u m, D., 1984: ***The weather factor***, Houghton Mifflin.

M a k s i m o v, S. A. i I. M. Petunin, 1949: ***K istorii sel'skokhozyaistvennoi meteorologii v SSSR*** (On the History of Agricultural Meteorology in the USSR) – Meteorologiya j Gidrologiya, No. 5.

M c S w e e n, H. Y. Jr., 1993: ***Stardust to Planets***, St. Martins Press.

M i d d l e t o n, W. E. K., 1964: ***The history of the barometer***, The Johns Hopkins Press, Baltimore.

M i d d l e t o n, W. E. K., 1966: ***A history of the thermometer and its uses in meteorology***, The Johns Hopkins Press, Baltimore.

M i l a n k o v i ć, M., 1981: ***Kroz vasionu i vekove***, Nolit, Beograd.

M i l a n k o v i ć, M., 1979: ***Uspomene, doživljaji i saznanja***, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd, knjiga 50.

M i l l e r, E. R., 1933: ***American pioneers in meteorology***. *Mon. Wea. Rev.*

M i l l i k a n, R. A., 1919: ***Some scientific aspects of the meteorological work of the United States Army***. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 58, 133-149.

M i n k e l ' d e i, M. A., 1954: ***M. M. Pomortsev, pervyi russkii aerolog*** (M. M, Pomortsev, the First Russian Aerologist) – Gidrometeoizdat.

M i n t z, Y., 1975: ***Jacob Bjerknes and our understanding of the atmosphere's general circulation***. *Select Papers of Jacob Aall Bonnevie Bjerknes*, M.G. Wurtele, Ed., Western Periodicals, 14-15.

M o l c h a n o v, P. A., 1933: ***Institut aerologii GGO za pyatnadtsat'let*** (The Aerological Institute of GGO over Fifteen Years) – Meteor. Vestn., No. 1.

M u l ' t a n o v s k i i, B. P., 1924: ***Plavaniya Kolumba v Ameriku i ikh geofizicheskoe znachenie*** (Columbus's Voyages to America and Their Geophysical Significance) – Zapiski po Gidrogr.

M u l ' t a n o v s k i i, B. P., 1933: ***Sovremennoe sostoyanie metoda dolgosrochnykh predskazanii*** (The Present State of the Method of Long-Term Predictions) – Meteor. Vestn., No. 5 – 7.

N a m i a s, J., 1980 – 1981: ***The early influence of the Bergen school on synoptic meteorology in the United States***. *Pure Appl. Geophys.*, 119, 491-500.

N a m i a s, J., 1983: ***The history of polar front and airmass concepts in the United States: An eyewitness account***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 64, 734-755.

N a m i a s, J., 1991: ***Francis W. Reichelderfer, August 6, 1895-January 26, 1983***. *Natl. Acad. Sci. Biog. Mem.*, 60, 272-291.

N a m i a s, J., et al. 1935: ***An introduction to the study of air mass analysis***. Amer. Meteor. Soc., 129 pp.

N e d e l j k o v i ć, M., 1904: ***Izveštaj Opservatorije Velike škole i njenih meteoroloških stacija 1899 – 1903***, Državna štamparija Kraljevine Srbije, Beograd.

N e u g e b a u e r, O., 1962: ***The exact sciences in Antiquity***, Harper Brothers, New York.

N e w t o n, C. W. i E. O. Holopainen, ***Extratropical cyclones - The Erik Palmen memorial volume***, American Meteorological Society, Boston.

N e w t o n, I., trans. A. Motte, ed. F. Cajori, 1946: ***Philosophial naturalis principia mathematica***, 3rd ed., University of California Press, Berkeley.

N i c h o l s o n, S. E., 1981: ***Climate and history, wigley, ingram and farmer, National museum of natural history***, *Ice Age Mammals and the Emergence of Man*, Elephant Press.

N i k i t i n, D., 1947: ***Ocherk razvitiya klassifikatsii oblakov*** (An Outline of the Development of Cloud Classifications) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 3.

O p r a, Lj., 1998: ***Devet hrastova - zapisi o istoriji srpske meteorologije***, RHMZ, Beograd.

PAGEOPH, 1980: ***Bergeron memorial volume***, Birkhauser Verlog, Basel.

P.a s c a l, B., trans. I. H. B. i A. G. H. Spiers, 1937: ***The physical treatise of Pascal*** Columbia University Press, New York.

P a s t u k h, V. P., 1949: ***100 let Glavnoi geofizicheskoi observatorii*** (100 Years of the Main Geophysical Observatory) – Meteorologiya i Gidrologiya, No. 5.

P a t t e r s o n, L. D., 1953: ***The Royal Society's standard thermometer 1663 - 1709***, *Isis* 44, 52.

P e a r c e, E. A. i C. G. Smith, 1984: ***The times books world weather guide***, Times Books.

P i e r c e, E. T., 1985: ***Storm electricity and lightning***. U: *Thunderstorm morphology and dynamics* (Kessler, E. Ed), University of Oklahoma press, Norman, 277-288.

P l a z i n i ć, S., 1987: ***Stota godišnjica Opservatorije u Beogradu***, RHMZ, Beograd.

P l i n y (Secundus Plinius), trans. H. Rackham, 1938: ***Natural history***, William Heinemann Ltd., 1: 229, 269.

P l i n y, trans. H. Rackham, 1937: ***Natural history***, Heinemann, London, 1, 247 str.

P o k r o v s k a y a, T. V., 1938: ***Sovetskaya klimatologiya*** (Soviet Climatology) Meteorologiya i Gidrologiya, No. 9 – 10.

P o m o r t s e v, M. M., 1891: ***Nauchnye rezul'taty 40 vozdushnykh puteshestvii, sdelannykh v Rossii*** (Scientific Results of 40 Balloon Ascents Made in Russia) – Inzh, Zhurn.

P t o l e m a e u s, C., trans. F. E. Robbins, 1940: ***Ptolemy's Tetrabibles***, Harvard University Press, Cambridge.

R é a u m u r, R., 1730: ***Regies pour construire des thermometres doni les degre's soient comparables...***, *Memoires De L'Academie Royal Des Sciences*, 452-507.

R é a u m u r, R., 1731: ***Second memoire sur la construction des thermometres, dont les degres sont comparable...***, *Mem. Acad. Roy. Scie.*, 250-296.

R e e d, A., 1983: ***Romantic weather: The climate of coleridge and baudelaire***, Brown University Press, Hanover and London.

R e e d, T. J., 1984: ***Goethe***. Oxford University Press, Oxford.

R e i c h e l d e r f e r, F. W., 1928: ***Post graduate course in aerology and meteorology for naval officers***. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 9, 149-151.

R e y n o l d s, G., 1965: ***A history of rain gauges***, *Weather* 20, 106.

RHMZ, 1987: ***100 godina Meteorološke opservatorije u Beogradu***.

RHMZ, 1987: ***Meteorološka delatnost Vladimira Jakšića***.

RHMZ, 1987: ***Meteorološka delatnost Vladimira Jovanovića***.

R i c h a r d s o n, L. F., 1922: ***Weather prediction by numerical process***, Cambridge University Press, Cambridge.

R i k h t e r, G. D., 1948: ***Zhizn'i deyatel'nost' A. I. Voeikova*** (Life and Activities of A. I. Voeikov) – In: A. I. Voekov, izbrannye sochineniya, Vol.1, Akademiya Nauk SSSR.

R o l t, L. T. C., 1985: ***The Aeronauts: A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia***, Macmillan, London.

R y k a c h e v, M. A., 1899: ***Istoricheskii ocherk Glavnoi geofizicheskoi observatorii*** (A Historical Outline of the Main Geophysical Observatory), Sankt Peterburg.

S a u c i e r, W. J., 1989: ***Principles of meteorological analysis***, Dover Publications.

S a v i n o v, S. I., 1909: ***Obzor rabot po aktinometrii za poslednee desyatiletie*** (A Review of Actinometric Studies during the Last Decade) – Meteor. Vestn.

S c h m i d t, E. E., 1860: ***Lehrbuch der meteorologie***. Leipzig.

S c h o n l a n d, B. F. J., 1956: ***The lightning discharge***, *Encyclopedia of Physica*, Springer Verlag, Berlin.

S c h o p f, J. W., 1978: ***The evolution of the earliest cells***, Scientific American.

S c o t, D. F. S., 1976: ***„Memoir of Luke Howard" in Luke Howard (1772 - 1864) His correspondence with Goethe and his continental journey of 1816***. William Sessions, York.

S e l b y, M. J., 1977: ***Pluvials in northern and eastern Africa and their relations to glacial climates in Europe***, Environmental Studies, University of Witwatersrand.

S e n e c a, trans. John Clarke, 1910: ***Quaestiones naturales***, Macmillan and Co., Ltd, London.

S e n e c a, trans. T. H. Gorcoran, 1971: ***Natural questions***, Heinemann, London, 2, 273 str.

S h a w, N., 1926: ***Manual of meteorology, Vol. I***, Meteorology in History.

S o r b i j a n, Z., 1996: ***Hands on meteorology***, Amer. Met. Soc.

S p i r i d o n o v, V. i M. Ćurić, 2005: ***The relative importance of scavenging, oxidation and ice-phase processes in the sulfate production and wet deposition***, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 62, 2118-2135.

S p r a t, T., 1667: ***The History of the Royal-society of London, for the improving of the natural knowledge***, J. Martyn, London.

S t r a n g e w a y s, I., 2002: ***Barometric pressure, aneroid barometers***, Weather, 57, 204-209.

S t r a n g e w a y s, I., 2002: ***Barometric pressure, mercury barometers,*** Weather, 57, 132-143.

S y m o n s, G. J. 1891: ***A contribution to the history of rain gauges,*** *Quart. Jour. of the Roy. Meteor. Soc.,* 17, 128.

T a b r u c k, E. J. i F. K. Lutgens, 1991: ***Earth science,*** Macmillion Publishing Co., New York.

T a t o n, R., 1957: ***Histoire generate des sciences,*** Presses Universitaires De France, Paris, 1:210-219.

T a t t e r s a l, I., 1993: ***The human odyssey,*** Four Million Years of Human Evolution, Prentice Hall.

T e i s s e r e n c D e B o r t, L. i H. Hildebrandsson, 1898 – 1907: ***Les bases de la météorologie dynamique,*** 1 – VII.

T h a x t e r, W. J., 1999: ***The history of weather,*** *Nova Scientific Pub,* New York.

T h e o p h r a s t u s, trans. Sir A. Hort, 1948: ***Enquiry into plants and minor works on odours and weather signs,*** William Heinemann Ltd., London, 2: 395.

T h o r n d i k e, L., 1940: ***A weather record for 1399 - 1406. A.D.,*** Isis 32, 304-323.

T i k h o m i r o v, E. I., 1929: ***Meteorologicheskie nablyudeniya v Rossii v XVIII v.*** (Meteorological Observations in Russia in the 18th Century) – Meteor. Vestn.

T i k h o m i r o v, E. I., 1929: ***Odna iz pervykh meteorologicheskikh instruktsii*** (One of the First Meteorological Handbooks) – Klimat i Pogoda.

T i k h o m i r o v, E. I., 1931: ***Instruktsiya russkim meteorologicheskim stantsiyam XVIII v.*** (A Handbook for the Russian Meteorological Stations of the 18th Century) – Izvestiya Glavnoi Geofizicheskoi Observatorii.

T i k h o m i r o v, E. I., 1932: ***Fits-Roi i sovremenennaya meteorologiya*** (Fitzroy and Modern Meteorology) – Meteor. Vestn.

T v e r s k o i, P. N., 1949: ***Razvitie meteorologii v SSSR*** (The Development of Meteorology in the USSR), Leningrad.

U m a n, M. A., 1987: ***Lightning discharge,*** *Academic press,* Orlando, 377 str.

University of California, 1977: ***Jack Bjerknes, 1897 - 1975.*** University of California, *In Memoriam* (May), 20-21.

V a r n e y, B. M., 1908: ***Early meteorology at Harvard College.*** *Mon. Wea. Rev.,* 36, 140-146, 286-290.

V u k o v i ć, Z. i M. Ćurić, 1998: ***The acoustic-electric coalescence and the intensification of precipitation radar echoes in clouds,*** *Atmospheric Research,* 47-48, 691-693.

W a i n w r i g h t, G. A., 1938: ***The sky religion in Egypt,*** The University Press, Cambridge.

W a l k e r, J. M., 1993: ***The meteorological societies of London,*** Weather, 48, 364-72.

W a t s o n, L., 1984: ***Heaven's breath, a natural history of the wind,*** Hodder and Stoughton.

W e b b, N., 1998: ***Representations of the seasons in early-nineteenth-century England.*** PhD thesis, University of York.

W e b b, W. L., 1963: ***Missile range meteorology,*** *Weatherwise* 16.

W h i t e, G., 1993: ***The natural history and antiquitets of Selborne,*** ed. Paul Foster. Oxford University Press, Oxford.

W h i t n a h, D. R., 1961: ***A history of the United States weather bureau.*** University of Illionis Press, 267 .

W i l l i a m s, J., 1992: ***The weather book,*** Vintage Books.

W o l f, A., 1939: ***A history of science, technology, and philosophy in the 18th century,*** The Macmillan Co, New York.

Z i g u n, V. P., 1955: ***Vtoroi kongress Vsemirnoi meteorologicheskoi organizatsii*** (The Second Congress of the World Meteorological Organization)– Meteorologiya i Gidrologiya, No. 6.

Z i n s z e r, H. A., 1944: ***Meteorological mileposts,*** *Scientific Monthly* 58, 261.